

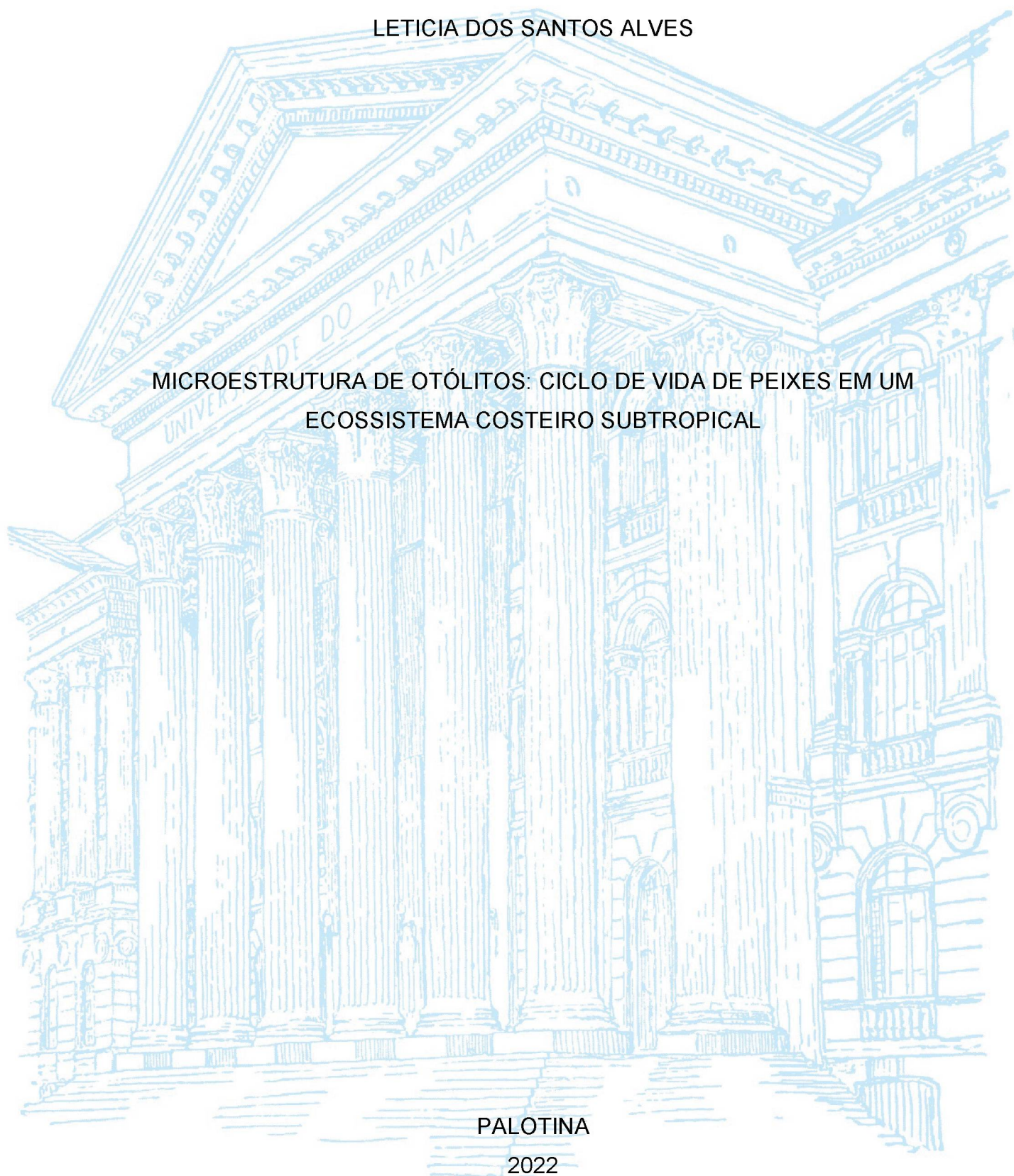
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

LETICIA DOS SANTOS ALVES

MICROESTRUTURA DE OTÓLITOS: CICLO DE VIDA DE PEIXES EM UM
ECOSSISTEMA COSTEIRO SUBTROPICAL

PALOTINA

2022



LETÍCIA DOS SANTOS ALVES

MICROESTRUTURA DE OTÓLITOS: CICLO DE VIDA DE PEIXES EM UM
ECOSSISTEMA COSTEIRO SUBTROPICAL

Dissertação apresentada ao curso de Pós-Graduação em Aquicultura e Desenvolvimento Sustentável, do Setor Palotina, da Universidade Federal do Paraná, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Aquicultura e Desenvolvimento Sustentável.

Orientador: Prof. Dr. André Martins Vaz-dos-Santos

Coorientador: Prof. Dr. Alberto Teodorico Correia

PALOTINA

2022

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

A474 Alves, Leticia dos Santos
Microestrutura de otólitos: ciclo de vida de peixes em um
ecossistema costeiro subtropical / Leticia dos Santos Alves –
Palotina, 2022.
60f.

Orientador: André Martins Vaz-dos-Santos
Coorientador: Alberto Teodorico Correia
Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Paraná,
Setor Palotina, Programa de Pós-graduação em Aquicultura e
Desenvolvimento Sustentável.

1. Crescimento relativo. 2. Baía do Araçá. 3. Von Bertalanffy.
I. Vaz-dos-Santos, André Martins. II. Correia, Alberto Teodori-
co. III. Universidade Federal do Paraná. IV. Título.

CDU 639

Ficha catalográfica elaborada por Liliane Cristina Soares Sousa – CRB 9/1736

TERMO DE APROVAÇÃO



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SETOR PALOTINA
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO AQUICULTURA E
DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL - 40001016078P2

TERMO DE APROVAÇÃO

Os membros da Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação AQUICULTURA E DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL da Universidade Federal do Paraná foram convocados para realizar a arguição da dissertação de Mestrado de **LETÍCIA DOS SANTOS ALVES** intitulada: **Microestrutura de otólitos: ciclo de vida de peixes em um ecossistema costeiro subtropical**, sob orientação do Prof. Dr. ANDRÉ MARTINS VAZ DOS SANTOS, que após terem inquirido a aluna e realizada a avaliação do trabalho, são de parecer pela sua APROVAÇÃO no rito de defesa.

A outorga do título de mestra está sujeita à homologação pelo colegiado, ao atendimento de todas as indicações e correções solicitadas pela banca e ao pleno atendimento das demandas regimentais do Programa de Pós-Graduação.

PALOTINA, 31 de Janeiro de 2022.

Assinatura Eletrônica

01/02/2022 09:39:05.0

ANDRÉ MARTINS VAZ DOS SANTOS

Presidente da Banca Examinadora

Assinatura Eletrônica

01/02/2022 09:46:14.0

RENATO MASSAKI HONJI

Avaliador Interno (UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO)

Assinatura Eletrônica

01/02/2022 16:44:26.0

ACACIO RIBEIRO GOMES TOMAS

Avaliador Externo (INSTITUTO DE PESCA - APTA - SEC. DE AGR. E ABAST. - SP)

Rua Pioneiro 2153 - PALOTINA - Paraná - Brasil

CEP 85950-000 - Tel: (44) 3211-8529 - E-mail: pgads@ufpr.br

Documento assinado eletronicamente de acordo com o disposto na legislação federal Decreto 8539 de 08 de outubro de 2015.

Gerado e autenticado pelo SIGA-UFPR, com a seguinte identificação única: 143791

Para autenticar este documento/assinatura, acesse <https://www.prppg.ufpr.br/siga/visitante/autenticacaoassinaturas.jsp> e insira o código 143791

À Deus e à minha Família por estarem
presentes em todos os momentos.

AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Dr. André Martins Vaz dos Santos pela orientação e incentivo desde 2016, grande parte do meu crescimento profissional e pessoal se deve aos seus ensinamentos e experiências compartilhadas, obrigada por confiar, acreditar e incentivar para a realização do mestrado e deste trabalho.

À Universidade Federal do Paraná, à coordenação e ao corpo docente do Programa de Pós-Graduação em Aquicultura e Desenvolvimento Sustentável, que não mede esforços para contribuir com o desenvolvimento de seus alunos e auxiliar na realização deste trabalho.

À Coordenação de Aperfeiçoamento Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa de estudos.

À minha mãe Elenice e meu pai Sebastião e toda minha família, que mesmo a 500/600 km longe de casa se fez presente em cada momento que estive em Palotina, diminuindo a saudade, e me deixando sempre perto de casa. Foi um período difícil e de muito aprendizado, mas agradeço imensamente por, de fato, me deixarem pronta para enfrentar todas as adversidades da vida e serem meu porto seguro e principalmente a minha fortaleza para todos os momentos.

Ao meu namorado Raphael, que não mediu esforços para me dar apoio nesse período, indo me visitar e passar muito calor em Palotina, e por estar sempre disposto a ouvir os desabafos, quando as coisas não iam bem. Obrigada por todo amor, incentivo, amizade e paciência em mais essa etapa.

As amigas da velha guarda Thais, Larissa e Stefany, que me proporcionaram momentos de descontração e aguentaram os meus desabafos. E aos amigos que a experiência do mestrado me trouxe, Sabrina, Kel e Ejenaldo, “a família de Palotina”, obrigada por me acolherem, por todas as experiências compartilhadas, por toda comilança: cafés, bolos, pipoca com tereré e fofoca. Obrigada amigos.

Aos meus colegas do Laboratório de Esclerocronologia (LABESC), mesmo que trabalhando remotamente se fizeram presente durante esse período Estevan, Dani Batalha, Aline, Kathleen e aos demais.

A todos os demais envolvidos neste trabalho, muito obrigada!

Não há vitória sem dificuldade.

Não há superação sem obstáculo.

Não há conquista sem esforço.

Não há volta por cima sem se estar por baixo.

(Carlos Domingos – Livro Oportunidades Disfarçadas, 2013)

RESUMO

Os otólitos, concreções calcárias da orelha interna dos peixes, constituem uma ferramenta acurada para estudos de ciclo de vida dos peixes, em especial o crescimento e fatores que o afetam. Para descrever o ciclo de vida de três espécies-chave em ambientes costeiros, *Atherinella brasiliensis*, *Diapterus rhombeus* e *Eucinostomus argenteus*, foram analisados materiais do acervo do Laboratório de Esclerocronologia da Universidade Federal do Paraná. Otolitos provenientes de coletas sazonais realizadas em um ecossistema costeiro subtropical, a baía do Araçá (23°48'58.90"S, 45°24'10.40"W) foram analisados com técnicas de morfometria linear, análise das razões de aspecto, idade e crescimento (análise microestrutural de anéis diários). Foram observadas duas fases de crescimento reportadas para as três espécies, com os modelos de crescimento Gompertz e von Bertalanffy descrevendo essas fases, respectivamente. Para *A. brasiliensis*, os pontos de mudança ocorreram em 88 mm *Ct* (comprimento total) e 131 mm *Ct*, correspondentes a idades de 230-240 dias para a primeira fase e 600 dias para a segunda. Para *D. rhombeus*, os pontos identificados ocorreram em 144,69 mm *Ct* e 171,44 mm *Ct* com idades de 300-310 dias para primeira fase e 400-410 dias para a segunda. Para *E. argenteus* não se obteve resultado satisfatório na identificação de fases, porém foi possível observar através das razões de aspecto mudanças de padrão em dois pontos sendo em 20 e em 70 mm *Ct*, com as variações significativas para a razão de aspecto do comprimento do otólito ($H = 24,41$, $p = 0,01108$) entre as classes 20 e 30 mm ($p = 0,02083$) e 70 e 80 mm ($p = 0,004977$). As taxas de crescimento obtidas com os modelos de Gompertz e von Bertalanffy indicaram crescimento rápido, com comprimentos máximos teóricos de 158,95 mm para *A. brasiliensis*, 243,01 mm para *D. rhombeus* e 198,47 mm para *E. argenteus*. Conclui-se os indivíduos das três espécies são jovens, com duas fases de crescimento distintas, sendo a baía do Araçá utilizada para crescimento inicial e alimentação. Metodologicamente, os otólitos forneceram informação acurada para quantificar os processos do ciclo de vida em um ambiente costeiro.

Palavras-chave: Crescimento Relativo. Baía do Araçá. Von Bertalanffy. Gompertz.

ABSTRACT

Otoliths are carbonate calcium concretions of the inner ear of fishes. They constitute an accurate tool for studies of the life cycle of fishes, especially growth and related factors. To describe the life cycle of three key species in coastal environments, *Atherinella brasiliensis*, *Diapterus rhombeus* and *Eucinostomus argenteus*, otoliths from the collection of the Sclerochronology Laboratory of the Federal University of Paraná were analyzed. Otoliths from seasonal samplings carried out in a subtropical coastal ecosystem, the Araçá Bay (23°48'58.90"S, 45°24'10.40"W) were analyzed using linear morphometric techniques, analysis of aspect ratios, age and growth (microstructural analysis of daily rings). Two growth phases reported for the three species were observed, with the Gompertz and von Bertalanffy growth models describing these phases, respectively. For *A. brasiliensis*, the change points occurred at 88 mm Ct (total length) and 131 mm Ct, corresponding to ages of 230-240 days for the first phase and 600 days for the second. For *D. rhombeus*, the identified points occurred at 144.69 mm Ct and 171.44 mm Ct with ages of 300-310 days for the first phase and 400-410 days for the second one. For *E. argenteus*, no satisfactory results were obtained in the identification of phases, but it was possible to observe, through the aspect ratios, pattern changes at two points, being at 20 and 70 mm Ct, with significant variations for the aspect ratio of the otolith length ($H = 24.41$, $p = 0.01108$) between classes 20 and 30 mm ($p = 0.02083$) and 70 and 80 mm ($p = 0.004977$). The growth rates obtained with the Gompertz and von Bertalanffy models indicated rapid growth, with maximum theoretical lengths of 158.95 mm for *A. brasiliensis*, 243.01 mm for *D. rhombeus*, and 198.47 mm for *E. argenteus*. In summary, the individuals of the three species are young, with two distinct growth phases, with Araçá Bay being used for initial growth and feeding. Methodologically, the otoliths provided accurate information to quantify life cycle processes in a coastal environment.

Keywords: Relative Growth. Araçá Bay. Von Bertalanffy. Gompertz.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 - EXEMPLAR DE <i>ATHERINELLA BRASILIENSIS</i> (QUOY&GAIMARD, 1825).....	18
FIGURA 2 - EXEMPLAR DE <i>DIAPTERUS RHOMBEUS</i> (CUVIER, 1829)	19
FIGURA 3 – EXEMPLAR DE <i>EUCINOSTOMUS ARGENTEUS</i> (BAIRD & GIRARD, 1855)	19
FIGURA 4 - LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO: BAÍA DO ARAÇÁ (23°48'58.90"S 45°24'10.40"W).	21
FIGURA 5- ANÁLISE GRÁFICA DO CRESCIMENTO POLIFÁSICO EM <i>Atherinella brasiliensis</i> . (A) RELAÇÃO Co vs. Ct ; (B) GRÁFICO DE RESÍDUOS PADRONIZADOS; (C) AJUSTE DE POLINÔMIO bsc' COM OS DOIS PONTOS DE MUDANÇA DE FASE ($y = 0$).	31
FIGURA 6– ANÁLISE GRÁFICA DO CRESCIMENTO POLIFÁSICO EM <i>Diapterus rhombeus</i> . (A) RELAÇÃO Co vs. Ct ; (B) GRÁFICO DE RESÍDUOS PADRONIZADOS; (C) AJUSTE DE POLINÔMIO bsc' COM OS DOIS PONTOS DE MUDANÇA DE FASE ($y = 0$).	32
FIGURA 7–RAZÕES DE ASPECTO ENTRE O COMPRIMENTO E A ALTURA DOS OTÓLITOS SAGITTA DAS TRÊS ESPÉCIES ANALISADAS: (A) $ARCo$ vs. $Classes CtmmE$ (B) $ARAO$ vs. $Classes Ct(mm)$ PARA <i>Atherinella brasiliensis</i> ; (C) $ARCo$ vs. $Classes CtmmE$ (D) $ARAO$ vs. $Classes Ct(mm)$ PARA <i>Diapterus rhombeus</i> ; (E) $ARCo$ vs. $Classes CtmmE$ (F) $ARAO$ vs. $Classes Ct(mm)$ PARA <i>Eucinostomus argenteus</i>	33
FIGURA 8 - DIAGRAMA DE DISPERSÃO ENTRE O NÚMERO DE ANÉIS DIÁRIOS E A MÉDIA DE ESPESSURA DOS ANÉIS ($THRn$) PARA <i>Atherinella brasiliensis</i> (A), <i>Diapterus rhombeus</i> (B) E <i>Eucinostomus argenteus</i> (C).	35
FIGURA 9–BOXPLOT DO NÚMERO DE ANÉIS DIÁRIOS CORRIGIDOS ($NAcorr$) PARA AS TRÊS ESPÉCIES (BARRA = LIMITES MÍNIMO E MÁXIMO; CAIXA = PRIMEIRO E TERCEIRO QUARTIS; BARRA = MEDIANA; ASTERISCO= OUTLIER).....	36

FIGURA 10- REGRESSÕES AJUSTADAS ENTRE COMPRIMENTO TOTAL (C_t) VS. RÁDIO DO OTÓLITO (R_o) E R_o VS. C_t SEGUNDO O MODELO DE RETROCÁLCULO MODIFICADO DE FRY PARA *Atherinella brasiliensis* (A, B), *Diapterus rhombeus* (C, D) E *Eucinostomus argenteus* (D, E).....37

FIGURA11-CURVAS DE CRESCIMENTO PARA AS TRÊS ESPÉCIES ANALISADAS: MODELOS DE GOMPERTZ (A) E VON BERTALANFFY (B) PARA *Atherinella brasiliensis*, MODELO DE VON BERTALANFFY (C) PARA *Diapterus rhombeus* E MODELOS DE GOMPERTZ (D) E VON BERTALANFFY (E) PARA *Eucinostomus argenteus*.39

LISTA DE TABELAS

TABELA 1–	REGRESSÕES POTENCIAIS AJUSTADAS ENTRE O COMPRIMENTO TOTAL (Ct) E AS MEDIDAS DOS OTÓLITOS(Co= Comprimento do otólito, Ao= Altura do otólito, Po= Peso do otólito) PARA AS TRÊS ESPÉCIES ANALISADAS (a E b = CONSTANTES DO MODELO, SE = ERRO PADRÃO DA ESTIMATIVA, r^2 = PSEUDO-COEFICIENTE DE DETERMINAÇÃO, $S_{Y.X}$ = ERRO PADRÃO DO MODELO, p = PROBABILIDADE DOS TESTES DE FALTA DE AJUSTE – F – E DE ISOMETRIA/ALOMETRIA – t).	30
TABELA 2 –	REGRESSÕES POTENCIAIS AJUSTADAS ENTRE O COMPRIMENTO TOTAL (Ct) E AS MEDIDAS DOS OTÓLITOS PARA AS TRÊS ESPÉCIES ANALISADAS (A E B = CONSTANTES DO MODELO, SE = ERRO PADRÃO DA ESTIMATIVA, R^2 = PSEUDO-COEFICIENTE DE DETERMINAÇÃO, $S_{Y.X}$ = ERRO PADRÃO DO MODELO, P = PROBABILIDADE DOS TESTES DE FALTA DE AJUSTE – F – E DE ISOMETRIA/ALOMETRIA – T).	40

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	16
2 OBJETIVOS.....	20
2.1 OBJETIVO GERAL	20
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	20
3 MATERIAL E MÉTODOS	21
3.1 ÁREA DE ESTUDO.....	21
3.2 OBTENÇÃO DE DADOS.....	22
3.3 IDENTIFICAÇÃO DE FASES DE CRESCIMENTO.....	23
3.3.1 Crescimento relativo de otólitos	23
3.3.2 Razões de aspecto.....	24
3.4 IDADE E CRESCIMENTO.....	25
3.4.1 Preparação de otólitos e leitura de anéis	25
3.4.2 Análise dos anéis de crescimento	26
3.4.3 Estimativa dos parâmetros de crescimento.....	28
4 RESULTADOS.....	30
4.1 IDENTIFICAÇÃO DE FASES DE CRESCIMENTO.....	30
4.1.1 Crescimento relativo de otólitos	30
4.1.2 Razões de aspecto.....	32
4.2 IDADE E CRESCIMENTO.....	34
4.2.1 Análise dos anéis de crescimento	34
4.2.2 Estimativa dos parâmetros de crescimento.....	38
5 DISCUSSÃO	41
6 CONCLUSÃO	46
7 REFERÊNCIAS.....	47
ANEXO –MATERIAL SUPLEMENTAR.....	55

1 INTRODUÇÃO

Otólitos são concreções de carbonato de cálcio formados em uma matriz orgânica e presentes na orelha interna dos peixes ósseos, responsáveis pelo equilíbrio e audição (BAREMORE; BETHEA, 2014; CAMPANA, 2004). Há três pares de otólitos, denominados *sagitta*, *lapillus* e *asteriscus* (VOLPEDO; VAZ-DOS-SANTOS, 2015). A *sagitta* é mais empregada em diversos estudos sobre a história de vida dos peixes, por seu tamanho maior e por ser o primeiro par de otólitos a se formar, juntamente com o *lapillus* (GREEN et al., 2009; PANFILI; TOMÁS; MORALES-NIN, 2009). Diversos fatores, como mudanças de hábitat e o próprio desenvolvimento ontogenético causam alterações fisiológicas durante o crescimento dos peixes (GILLANDERS, 2002; GREEN et al., 2009). Estas alterações podem ser identificadas através de diferentes análises, entre elas a de anéis etários, sejam diários ou anuais (GAUDIE; NELSON, 1990; VAZ-DOS-SANTOS, 2015) e, de mudanças morfométricas ao longo do tempo (AVIGLIANO; VELASCO; VOLPEDO, 2015).

O crescimento é um processo de ganho de biomassa ao longo do tempo, com aumento da idade (KORTA et al., 2015). Os padrões de crescimento variam em uma mesma espécie e em uma mesma população, em curto e longo prazo (SABORIDO-REY; KJESBU, 2005). Durante o desenvolvimento dos peixes, vários fatores interferem e impõem mudanças nas taxas e padrões de crescimento dos indivíduos, como metamorfose, reprodução, fotoperíodo, salinidade, suprimento alimentar entre outros (WOOTTON, 1991). A matriz orgânica dos otólitos é composta por proteínas solúveis e insolúveis que se ligam ao cálcio e a outros elementos, formando os anéis (PANFILI; TOMÁS; MORALES-NIN, 2009). Esses anéis se alternam entre zonas translúcidas, de crescimento lento, e zonas opacas, de crescimento rápido (MORALES-NIN, 1992), padrão que se repete para formação dos anéis com base no ritmo circadiano, as chamadas zonas L- (de *light*) e D- (de *dark*), constituintes dos anéis diários (WRIGHT et al. 2002; PANFILI; TOMÁS; MORALES-NIN, 2009).

A análise microestrutural de otólitos, *i.e.*, de anéis diários, é uma ferramenta acurada para elucidar aspectos do ciclo de vida de larvas, juvenis e espécies de pequeno porte, bem como do desenvolvimento inicial de espécies mais longevas (MORALES-NIN, 2000; LESSA et al., 2008; SANTANA et al., 2009; GIOMBELLI-DA-

SILVA et al., 2021, *inter alia*). O processamento de otólitos para a análise de anéis diários, a despeito de sua acuidade, consome tempo, material e demanda expertise (STEVENSON; CAMPANA, 1992). Dessa forma, a análise de mudanças das medidas dos otólitos ao longo do desenvolvimento ontogenético, consequência da alteração de sua forma, é uma técnica que também se tem mostrado eficiente, sendo mais objetiva e rápida (LOMBARTE; TUSET, 2015).

A aplicação destas técnicas ganha complexidade quando da análise de espécies que ocupam zonas costeiras e de plataforma continental interna (≤ 50 m). Especialmente na Bacia do Sudeste do Brasil, área entre 21 -28°40'S, há uma série de habitats costeiros extremamente heterogêneos, devido à influência de rios, correntes, massas de água e ações antrópicas (GRUBER; BARBOZA; NICOLODI, 2003; GUBITOSO et al., 2008). Ainda assim, as regiões costeiras, abrigam grande biodiversidade de espécies, destacando a baía do Araçá (AMARAL; JABLONSKI, 2005).

Localizada no município de São Sebastião, nas coordenadas 23°48'58.90"S e 45°24'10.40"W, situa-se na região central no lado continental do canal de São Sebastião, no litoral norte do estado de São Paulo (AMARAL et al., 2016; DOTTORI; SIEGLE; CASTRO, 2015; OLIVEIRA; SANTOS; TURRA, 2018). Apesar de compreender duas áreas de proteção ambiental (APA), a APA Marinha do Litoral Norte do Estado de São Paulo e da APA Municipal dos Alcatrazes, a baía do Araçá sofre grande influência antrópica: é adjacente ao Porto de São Sebastião, cuja expansão prevê o aterramento da baía, e ao Terminal Petrolífero Almirante Barroso (TEBAR), o que gera contaminação química do porto e do terminal, além da poluição por esgotos domésticos (AMARAL et al., 2010, 2016; GUBITOSO et al., 2008; KIM et al., 2018).

Esse cenário fez com que a baía do Araçá fosse escolhida como um ecossistema costeiro modelo para estudos ambientais, sociais e econômicos, desenvolvidos entre 2012-2016 (OLIVEIRA; SANTOS; TURRA, 2018). Naquela época, foram registradas 126 espécies de peixes (AMARAL et al., 2016; LAMAS; ROSSI-WONGTSCHOWSKI; CONTENTE, 2016), sendo *Atherinella brasiliensis*, *Diapterus rhombeus* e *Eucinostomus argenteus* as de maior abundância e constância na baía, que é um local de alimentação e crescimento inicial (LAMAS; ROSSI-WONGTSCHOWSKI; CONTENTE, 2016; ROSSI-WONGTSCHOWSKI; VAZ-DOS-SANTOS; SILIPRANDI, 2014).

O peixe-rei, *Atherinella brasiliensis* (Quoy & Gaimard, 1825) (FIGURA 1), é uma espécie estuarina-costeira (CONTENTE; STEFANONI; SPACH, 2011; CORTELLETE et al., 2009) distribuída desde até a Venezuela até o sul do Brasil (FIGUEIREDO, MENEZES, 1978). Atinge cerca de 150-180 mm de comprimento total, com ciclo de vida de cerca de 1-2 anos (DIAS et al., 2019; VAZ-DOS-SANTOS; ROSSI-WONGTSCHOWSKI, 2019a). Não possui valor comercial agregado, mas é fonte de complemento alimentar e de renda para comunidades pesqueiras ribeirinhas (BERVIAN; FONTOURA, 2007). É considerada uma espécie sentinela para a contaminação de ambientes (RIBEIRO et al., 2013; SALGADO et al., 2009).

FIGURA 1 - EXEMPLAR DE *ATHERINELLA BRASILIENSIS* (QUOY&GAIMARD, 1825)



FONTE: Froese; Pauly(2019)

A carapeba, *Diapterus rhombeus* (Cuvier, 1829) (FIGURA 2), é uma espécie costeira distribuída entre o Caribe e o sul do Brasil, com grande dependência de áreas semi-fechadas, como baías e estuários (CHAVES; OTTO, 1998). Os indivíduos possuem comprimentos até 400 mm (TOMÁS et al., 2019), com grande variação de idades entre diferentes estudos. É um recurso pesqueiro principalmente para a pesca de pequena escala, sendo comercializada fresca. Destaca-se como espécie com potencial biotecnológico, pelo uso de suas peptidases (SILVA et al., 2011).

FIGURA 2 - EXEMPLAR DE *DIAPTERUS RHOMBEUS* (CUVIER, 1829)

FONTE: Froese; Pauly(2019)

O carapicu, *Eucinostomus argenteus* (Baird & Girard, 1855) (FIGURA 3), é distribuído em ambas as costas das Américas do Norte, Central e Sul, ocorrendo em todo o litoral brasileiro (FROESE; PAULY, 2019). Habita bancos de areia e, os jovens, têm preferência por baías e estuários, áreas de berçário e crescimento (CATTANI et al., 2019; CORRÊA; VIANNA, 2016; VAZ-DOS-SANTOS; ROSSI-WONGTSCHOWSKI, 2019b). Atingem comprimentos de cerca de 300 mm (FROESE; PAULY, 2019) e peso em torno de 150 g (SILVA et al., 2014).

FIGURA 3 – EXEMPLAR DE *EUCINOSTOMUS ARGENTEUS* (BAIRD & GIRARD, 1855)

FONTE: Froese; Pauly(2019)

Os estudos com base em otólitos para as três espécies enfocadas são variados. Para *A. brasiliensis*, Bervian e Fontoura (2007) analisaram o crescimento, Carvalho e Corrêa (2014) descreveram a morfometria do otólito e Bot-Neto et

al.(2021) a importância das relações de comprimento-peso em estudos de crescimento para verificar a influências ambientais. Para os gerreídeos, *E. argenteus* e *D. rhombeus*, há um guia sobre a identificação de espécies (DE LA CRUZ-AGUERO et al, 2012), estudos das relações morfométricas dos otólitos (FÉLIX et al.,2003) e relações dos otólitos *sagitta* com o tamanho o peixe (DE LA CRUZ-AGUERO et al., 2016).

Considerando as seguintes premissas: (i) os otólitos fornecem informações acuradas sobre o desenvolvimento; (ii) *E. argenteus*, *D. rhombeus* e *A. brasiliensis* são espécies de interesse estratégico (pesca, monitoramento ambiental, biotecnologia) com papel-chave em ambientes costeiros, e; (iii) que essas espécies tendem a apresentar mudanças de hábitat ao longo do desenvolvimento ontogenético; foi estabelecida a hipótese que a microestrutura dos otólitos, junto com sua morfometria, serão eficazes para avaliar a idade, o crescimento e o desenvolvimento das três espécies.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Descrever o ciclo de vida de três espécies costeiras, *Atherinella brasiliensis*, *Diapterus rhombeus* e *Eucinostomos argenteus* com base na análise de microestrutura de otólitos.

2.2 Objetivos Específicos

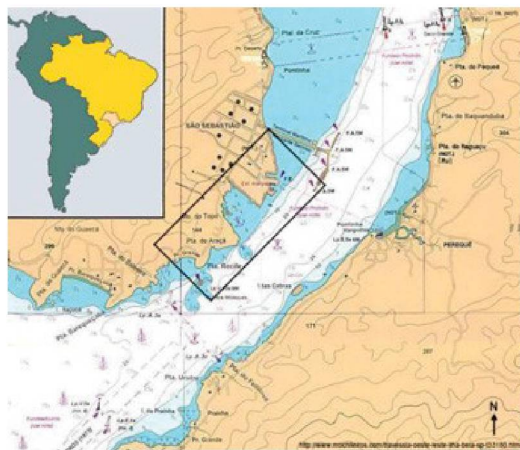
- Identificar pontos de mudança de fase de crescimento através de duas metodologias distintas: crescimento relativo e razão de aspecto.
- Determinar idade de crescimento através da análise microestrutural.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 ÁREA DE ESTUDO

A baía do Araçá (FIGURA 4) foi utilizada como área modelo para o estudo. Possui extensão de aproximadamente 750 m de largura e 750 m de comprimento, sendo protegida pela ilha de São Sebastião (DOTTORI; SIEGLE; CASTRO, 2015), o que limita influência direta dos fatores hidrodinâmicos do Canal de São Sebastião (AMARAL et al, 2010). Apresenta diferentes ambientes marinhos, incluindo praias (Pernambuco, do Germano e do Topo), ilhas (Pernambuco e Pedroso), manguezais, costões rochosos e bancos arenosos e lamosos, com alta biodiversidade (AMARAL et al., 2010; DOTTORI; SIEGLE; CASTRO, 2015; XAVIER; STORI; TURRA, 2016).

FIGURA 4 - LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO: BAÍA DO ARAÇÁ (23°48'58.90"S 45°24'10.40"W).



Canal de São Sebastião (Litoral Norte - SP)

Baía do Araçá



FONTE: <https://biota-araca.org/index.html>.

O Canal de São Sebastião tem sua hidrodinâmica principalmente devido ao vento, que direciona as correntes. Usualmente o canal é ocupado pela Água Costeira

(AC: $T > 20^{\circ}\text{C}$, $S < 34,5$), presente durante a maior parte do ano (SILVA et al., 2001). Em termos de fluxo, no inverno predomina o fluxo para nordeste, associado à chegada de frentes atmosféricas e da Água Costeira do Sul (ACS: $T < 21^{\circ}\text{C}$, $S < 34$), menos salina devido a influência de áreas estuarinas. No verão, a região é influenciada pela intrusão da Água Tropical (AT: $T > 22^{\circ}\text{C}$, $S > 35,0$) e da Água Central do Atlântico Sul (ACAS: $T < 18^{\circ}\text{C}$, $S < 35,0$), que vão para o sul com a Corrente do Brasil. A AT é uma massa de água de superfície e se mistura com AC, principalmente nos meses mais quentes, enquanto a ressurgência subsuperficial de plataforma da ACAS por vezes adentra o Canal de São Sebastião. Esses processos, ainda que não ocorram diretamente na baía do Araçá, interferem nas suas condições ambientais e afetam diretamente o desenvolvimento e o ciclo de vida das espécies enfocadas (OLIVEIRA; MARQUES, 2007).

3.2 OBTENÇÃO DE DADOS

Os otólitos utilizados no presente estudo integram a Coleção de Otólitos do Laboratório de Esclerocronologia da Universidade Federal do Paraná (LABESC-UFPR), setor Palotina, na qual estão disponíveis as informações biológicas dos espécimes, incluindo o comprimento total (Ct). Foram analisados dados e materiais de 231 exemplares de *Atherinella brasiliensis* ($31 \leq Ct \leq 141$ mm), 191 de *Diapterus rhombeus* ($73 \leq Ct \leq 235$ mm) e 349 de *Eucinostomus argenteus* ($18 \leq Ct \leq 145$ mm), obtidos em coletas sazonais (outubro de 2012 a janeiro de 2014), sendo utilizadas diferentes artes de pesca de forma síncrona (cf. detalhes metodológicos em ROSSI-WONGTSCHOWSKI et al., 2018). A estrutura em tamanho das amostras está detalhada no Anexo A1.

Para cada espécie, tomaram-se por padrão os otólitos esquerdos (ambos do par são simétricos nas três espécies), que foram fotografados em estereomicroscópio acoplado a analisador de imagens. Posteriormente, com o software Image J (ABRAMOFF et al., 2004), foram obtidas as medidas de comprimento do otólito (Co , mm) e altura do otólito (Ao , mm); em balança analítica, foi obtido o peso¹ do otólito (Po , g) (ROSSI-WONGTSCHOWSKI, 2015).

¹ Por rotina de nomenclatura utilizar-se-á peso para se referir à massa do otólito.

3.3 IDENTIFICAÇÃO DE FASES DE CRESCIMENTO

O desenvolvimento dos otólitos foi analisado na perspectiva do crescimento relativo para identificar possíveis fases de crescimento. Foram utilizadas duas metodologias distintas, uma com base na variação das medidas dos otólitos (BERVIAN; FONTOURA; HAIMOVICI, 2006) e outra com base na análise de razões de aspecto (CARVALHO; VAZ DOS SANTOS; VOLPEDO, 2015), tratadas a seguir.

3.3.1 Crescimento relativo de otólitos

Inicialmente, foram ajustadas regressões potenciais entre o comprimento total e as medidas dos otólitos. Neste (e em todos os ajustes não lineares do estudo) foi utilizado o método iterativo não linear de mínimos quadrados com base no algoritmo de Levenberg-Marquardt e 9.999 iterações. Os ajustes foram verificados através do valor do erro padrão dos resíduos da regressão ($S_{y,x}$), da análise de resíduos e do valor do pseudo-coeficiente de determinação (r^2) (MOTULSKY, CHRISTOPOULOS, 2003):

$$r^2 = 1 - \left(\frac{SS_{reg}}{SS_{total}} \right)$$

Onde SS é a soma dos quadrados da regressão (reg) e total. A significância dos resíduos foi avaliada com um teste F para falta de ajuste (ZAR, 2014). Os coeficientes b foram testados (teste t) quanto a isometria/alometria, considerando sua maior proximidade em relação aos referenciais ($\beta_0 = 1, 2$ e 3) (QUINN; DERISO, 1999; ZAR, 2014).

A análise gráfica dos modelos envolvendo Co e Ao e de seus resíduos foi utilizada para identificar diferentes fases de crescimento (BERVIAN et al. 2006; BARRADAS et al. 2016; MACIEL et al., 2019), assim como a significância nos testes de ajustes. Os modelos com o peso do otólito não foram utilizados pelo aspecto intrínseco de tridimensionalidade da variável.

Quando verificadas tendências nos modelos acima, tomou-se o comprimento do otólito para detecção de diferentes fases de crescimento, seguindo Bervian et al. (2006). Ajustou-se uma regressão potencial Co vs. Ct e, a partir dela, calculou-se o

comprimento total esperado (Ct_{esp} , mm) para cada indivíduo. Na sequência, foi calculado o comprimento do otólito médio para cada classe de comprimento total. O coeficiente a da relação Co vs. Ct foi utilizado para estimar o valor do expoente (bsc) para cada $Co_{médio}$. Aos dados Co vs. bsc foi ajustado, empiricamente, um polinômio, cuja primeira derivada foi utilizada para calcular os valores de bsc' . Por fim, foram obtidos os pontos de mudança de fase quando os dados cortam o eixo no gráfico Co vs. bsc' .

3.3.2 Razões de aspecto

Foram calculadas para as três espécies, individualmente, as seguintes razões de aspecto (VOLPEDO & ECHEVERRÍA, 2001; TUSET et al., 2008; LOMBARTE & TUSET, 2015):

$$AR_{Co} = \frac{Co}{Ct}$$

$$AR_{Ao} = \frac{Ao}{Ct}$$

Onde:

Co = comprimento do otólito;

Ao = altura do otólito;

Ct = comprimento total.

A análise se baseia em variações das proporções ao longo do desenvolvimento (CARVALHO et al., 2015) e, para tal, foram ajustadas regressões potenciais entre os valores de comprimento total e as razões de aspecto. Os valores dos coeficientes b de cada modelo foram utilizados para remover o efeito do tamanho, seguindo Lombarte & Tuset (2015). Foi utilizado como comprimento de padronização o menor valor da amostra analisada.

Tomando os valores das razões de aspecto corrigidos, foram calculadas as médias e intervalos de confiança (t) por classes de comprimento total (Ct), para análise gráfica. Variações entre esses valores foram averiguadas através de um teste de Kruskal-Wallis (fator = Classes Ct) seguido por um teste de Mann-Whitney

para detecção de diferenças duas a duas, na sequência de classes (ZAR, 2014), devido às diferentes quantidades de dados em cada classe.

3.4 IDADE E CRESCIMENTO

3.4.1 Preparação de otólitos e leitura de anéis

Em função do tamanho relativamente pequeno dos otólitos das três espécies e da necessária acurácia das estimativas de idade, os otólitos foram analisados na perspectiva microestrutural (MORALES-NIN, 1992). Para tal, foi utilizada uma subamostra dos otólitos analisados previamente no item 2.3. Procurando preservar na coleção de otólitos aqueles com o par completo, procurou-se obter até 10 otólitos por classe de comprimento total das diferentes épocas amostrais em conjunto, para representatividade amostral.

Os otólitos inteiros de *A. brasiliensis* e *E. argenteus* foram fixados em lâminas de vidro com resina termoplástica incolor, com a face externa para cima e a face interna (sulco acústico) para baixo, priorizando a visualização do primórdio e dos incrementos diários (CAMPANA; JONES, 1992; CORREIA; COIMBRA; DAMASCENO-OLIVEIRA, 2012). Para *D. rhombeus*, esse procedimento não foi satisfatório pois, diferentemente das outras espécies, seus otólitos são mais robustos. Desta forma, suas *sagittae* foram assinaladas no núcleo com lápis grafite, sendo emblocadas em resina epóxi em formas de silicone e, posteriormente, cortadas transversalmente em serra metalográfica de baixa rotação (Isomet Buehler®). Foram obtidas de 2-3 secções transversais de cerca de 0,5 mm, que foram fixadas em lâminas com esmalte cosmético incolor.

Para as três espécies, após a fixação e secagem, os otólitos foram polidos com discos de polimento, do mais grosseiro ao mais fino (granulometrias de 9 µm, 6 µm e 3 µm respectivamente), para retirada do material mais grosseiro. Posteriormente, os otólitos passaram por polimento fino com pasta alumina de 0,3 µm. Durante todo o processo de desgaste e polimento, os discos foram umedecidos com água para não danificar o material. Além disso, durante o processamento, o controle de polimento foi feito com visualizações constantes do material ao microscópio. A preparação foi realizada manualmente, para controle da

força de polimento, evitando quebra e ou perda de material (CAMPANA; JONES, 1992; CAMPANA, 2001).

Quando prontas, as lâminas foram analisadas sob microscópio acoplado com câmera, para registro fotográfico e visualização do primórdio e das zonas de crescimento. Devido à resolução e aumento da câmera e do microscópio, foram capturadas várias fotos de partes de um mesmo otólito, que posteriormente foram combinadas (como um *puzzle*) em uma imagem única com o software de processamento de imagens (ANEXO 2).

Com os arquivos de imagens prontos, foram contadas e medidas as zonas de crescimento D- (de *dark*) e L- (de *light*) (MORALES-NIN, 1992), com o programa ImageJ (ABRAMOFF et al, 2004). A contagem foi realizada a partir do primórdio e das sucessivas zonas D- e L- (WRIGHT et al. 2002). O número de anéis (*NA*) foi considerado o conjunto de zonas D- e L- de cada otólito. Para as três espécies considerou-se o primeiro incremento depositado como um dia (CAMPANA, 2001; POWLE; SANDEMAN, 2007). Foram medidos os raios do otólito (do primórdio à borda, R_o mm) e o raio de cada anel (do primórdio ao início de cada zona L-, R_n mm) (CORREIA; COIMBRA; DAMASCENO-OLIVEIRA, 2012). O eixo de leitura utilizado foi o posterior, determinado empiricamente a partir da análise dos otólitos. Foi feita uma leitura preliminar, seguida da leitura definitiva, que foi checada por um segundo leitor.

3.4.2 Análise dos anéis de crescimento

Para as três espécies, foi calculado o incremento individual de cada anel, ou seja, sua espessura (TH_{Rn}):

$$TH_{Rn} = R_n - R_{n-1}$$

Onde:

R_n = raio do anel;

R_{n-1} = raio do anel anterior.

Os valores de anel e as médias de TH_{Rn} foram lançados em um diagrama de dispersão, para visualização das tendências ao longo do crescimento. Para avaliar a

perda de anéis, *i.e.*, a não visualização de anéis próximos à borda do otólito, devido à calcificação e/ou polimento da estrutura, foi calculada a média de espessura (TH_{RNA}) para o período de 210 até 297 dias para *A. brasiliensis*, de 300 a 400 dias para *D. rhombeus* e de 100 a 200 dias para *E. argenteus*. Essas médias foram calculadas com base nos resultados do item 3.4.1 e utilizadas como referencial para estimar o número de anéis “perdidos” (NA_L) e calcular o número de anéis corrigidos (NA_{corr}):

$$NA_L = \frac{R_o}{TH_{RNA}}$$

$$NA_{corr} = NA + NA_L$$

Foram calculados os coeficientes de correlação de Spearman (r_s) (ZAR, 2014) entre os dados de número de anéis e os raios dos otólitos ($NA_{vs}R_o$), assim como o número de anéis corrigidos ($NA_{corr}vs.R_o$), sendo considerado o melhor conjunto de dados aquele que apresentou os melhores indicadores estatísticos.

Para dar suporte às estimativas dos parâmetros de crescimento, comprimentos à época de formação do anel foram retrocalculados com a técnica de Fry modificada (VIGLIOLA; MEEKAN, 2009). Foram ajustadas as regressões $Ct_{vs}R_o$ e $R_o vs.Ct$, incorporando o intercepto biológico, *i.e.*, os valores iniciais da relação entre o comprimento total (Ct_0) e o raio do otólito (R_z) (CAMPANA, 1990). Desta forma, estimou-se:

$$Ct = Ct_0 - b_1 R_z^{c_1} + b_1 R_o^{c_1}$$

$$R_o = \left(\frac{Ct - Ct_0 + b_1 R_z^{c_1}}{b_1} \right)^{\frac{1}{c_1}}$$

Com as fórmulas acima, foram estimados os valores de a_1 e a_2 :

$$a_1 = Ct_0 - b_1 R_z^{c_1}$$

$$a_2 = Ct_0 - b_2 R_z^{c_2}$$

A média a dos valores acima corresponde ao comprimento total na formação do otólito, utilizado no retrocálculo de Fry (modificado por VIGLIOLA et al., 2000) dos valores de comprimento à época de formação de cada anel (Ct_n):

$$Ct_n = a + e^f$$

$$f = \ln(Ct_0 - a) + \frac{[\ln(Ct - a) - \ln(Ct_0 - a)][\ln(R_n) - \ln(R_z)]}{[\ln(R_o) - \ln(R_z)]}$$

Foram utilizados os seguintes valores semente para cada espécie: $Ct_0 = 1,5$ mm (FRANÇA et al., 2007) e $R_z = 0,01600$ mm (menor raio da amostra) para *A. brasiliensis*, $Ct_0 = 14$ mm (menor Ct da amostra) e $R_z = 0,01181$ mm (estimado com a equação de Fry modificada) para *D. rhombeus* e $Ct_0 = 9$ mm (MATSUURA; NAKATANI, 1979) e $R_z = 0,013$ mm (menor raio da amostra) para *E. argenteus*.

3.4.3 Estimativa dos parâmetros de crescimento

Os comprimentos totais por idade (NA_{corr} vs. Ct) e os comprimentos totais retrocalculados por idade (NA_{corr} vs. Ct_n) foram utilizados para ajustar os seguintes modelos de crescimento:

von Bertalanffy: $Ct_t = C_\infty [1 - e^{-k(t-t_0)}]$

Logístico: $Ct_t = \frac{C_\infty}{1 + e^{-k(t-t_0)}}$

Ct_t = comprimento total na idade t ;

C_∞ = comprimento máximo teórico;

k = taxa de crescimento;

t = idade no comprimento Ct_t ;

t_0 = idade teórica de comprimento zero;

$$\text{Gompertz: } Ct_t = Ct_0 \cdot e^{[K(1 - e^{(-G \cdot t)})]} \quad \text{e} \quad Ct_t = C_\infty \cdot e^{[-K \cdot e^{(-G \cdot t)}]}$$

Onde:

Ct_t = comprimento total na idade t ;

Ct_0 = comprimento na idade zero;

C_∞ = comprimento máximo teórico;

K = parâmetro adimensional;

G = taxa instantânea de crescimento;

t = idade no comprimento Ct_t .

Os ajustes foram simulados com todos os parâmetros aleatórios e fixando os valores do comprimento máximo teórico e, para o modelo de Gompertz, também do comprimento na idade zero. O comprimento máximo teórico fixado foi calculado com base na fórmula de Taylor, considerando o maior exemplar da amostra (VAZ-DOS-SANTOS; SILVEIRA, 2021). O comprimento na idade zero utilizou os valores somente previamente utilizados no retrocálculo. A escolha dos melhores modelos de crescimento considerou a análise gráfica do diagrama de dispersão, o significado biológico dos parâmetros e o valor do critério de informação de Akaike corrigido (AIC_c) (MOTULSKY, CHRISTOPOULOS, 2003). Apesar desse critério, foi também indicado um conjunto de parâmetros do modelo de von Bertalanffy, dada sua aplicabilidade em outras técnicas de estudo de recursos pesqueiros.

4 RESULTADOS

4.1 IDENTIFICAÇÃO DE FASES DE CRESCIMENTO

4.1.1 Crescimento relativo de otólitos

Entre os exemplares com otólitos disponíveis e viáveis para análise (*A. brasiliensis* $n = 219$, $38 \leq Ct \leq 141$ mm; *D. rhombeus* $n = 176$, $73 \leq Ct \leq 218$ mm e *E. argenteus* $n = 316$, $23 \leq Ct \leq 138$ mm), foram ajustadas as regressões para as medidas dos otólitos (TABELA 1). Os modelos foram significativos em sua maioria e, nas três espécies, o comprimento e altura do otólito foram variáveis que apresentaram alometria negativa ($\beta_0 \neq 1$). O peso do otólito apresentou isometria em *A. brasiliensis* ($\beta_0 = 3$) e *E. argenteus* ($\beta_0 = 2$), apresentando alometria positiva para *D. rhombeus* ($\beta_0 > 2$).

TABELA 1– REGRESSÕES POTENCIAIS AJUSTADAS ENTRE O COMPRIMENTO TOTAL (Ct) E AS MEDIDAS DOS OTÓLITOS (Co = Comprimento do otólito, Ao = Altura do otólito, Po = Peso do otólito) PARA AS TRÊS ESPÉCIES ANALISADAS (a E b = CONSTANTES DO MODELO, SE = ERRO PADRÃO DA ESTIMATIVA, r^2 = PSEUDO-COEFICIENTE DE DETERMINAÇÃO, $S_{Y,X}$ = ERRO PADRÃO DO MODELO, p = PROBABILIDADE DOS TESTES DE FALTA DE AJUSTE – F – E DE ISOMETRIA/ALOMETRIA – t).

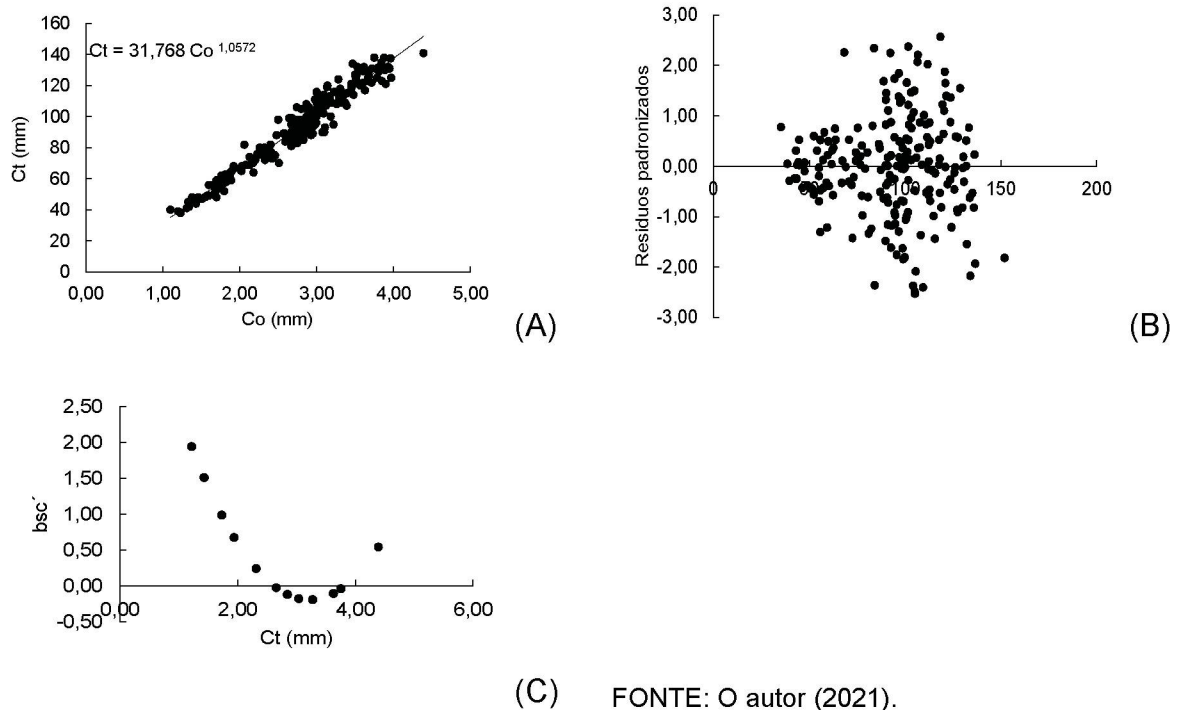
Espécie	Regressão	a	$\pm SE$	b	$\pm SE$	r^2	$S_{Y,X}$	p_F	valor t	p_t
<i>Atherinella brasiliensis</i>	Ct vs. Co	0,047772	0,00362	0,895138	0,01638	0,4510	0,1589	0,0060	-6,40	$4,68 \cdot 10^{-10}$
	Ct vs. Ao	0,046702	0,00410	0,792335	0,01897		0,1192	0,3640	-10,95	$8,09 \cdot 10^{-23}$
	Ct vs. Po	$5,36 \cdot 10^{-9}$	—	2,90916	0,08940		0,0007	< 0,0001	-1,02	0,1553
<i>Diapterus rhombeus</i>	Ct vs. Co	0,053667	0,00372	0,939517	0,01354	0,1077	0,3003	0,4160	-4,47	$7,05 \cdot 10^{-6}$
	Ct vs. Ao	0,180428	0,01125	0,631926	0,01229		0,2102	0,1840	-29,96	$4,25 \cdot 10^{-71}$
	Ct vs. Po	$5,57 \cdot 10^{-7}$	—	2,13362	0,07796		0,0058	0,3380	1,71	0,0442
<i>Eucinostomus argenteus</i>	Ct vs. Co	0,103436	0,00514	0,761531	0,01090	0,0556	0,1717	0,1420	-21,88	$1,69 \cdot 10^{-65}$
	Ct vs. Ao	0,082082	0,00510	0,720936	0,01366		0,1445	0,0250	-20,43	$5,67 \cdot 10^{-60}$
	Ct vs. Po	$5,97 \cdot 10^{-7}$	—	1,99793	0,03886		0,0007	0,0080	-0,05	0,4788

FONTE: O autor (2021).

Para *A. brasiliensis*, a significância no teste de falta de ajuste da relação Ct vs Co levou a etapa seguinte de análise. A partir da relação $Ct = 31,768 Co^{1,0572}$ ($r^2 = 0,9472$, $p = 0,1589$) (FIGURA 5A), a análise de resíduos padronizados (FIGURA 5B) evidenciou, de forma sutil, uma descontinuidade no crescimento. Com o polinômio $bsc = 0,1779 Co^3 - 1,7159 Co^2 + 5,324 Co - 4,2742$ e de sua derivação, obtiveram-se os valores que de bsc' que indicaram dois pontos de mudança de fase

(FIGURA 5C), o primeiro em 2,61 mm Co (88 mm Ct) e 3,82 mm Co (131 mm Ct). Pode-se considerar a existência de duas fases de crescimento, uma vez que apenas um par de dados representou a terceira fase, pelo pouco número de exemplares maiores.

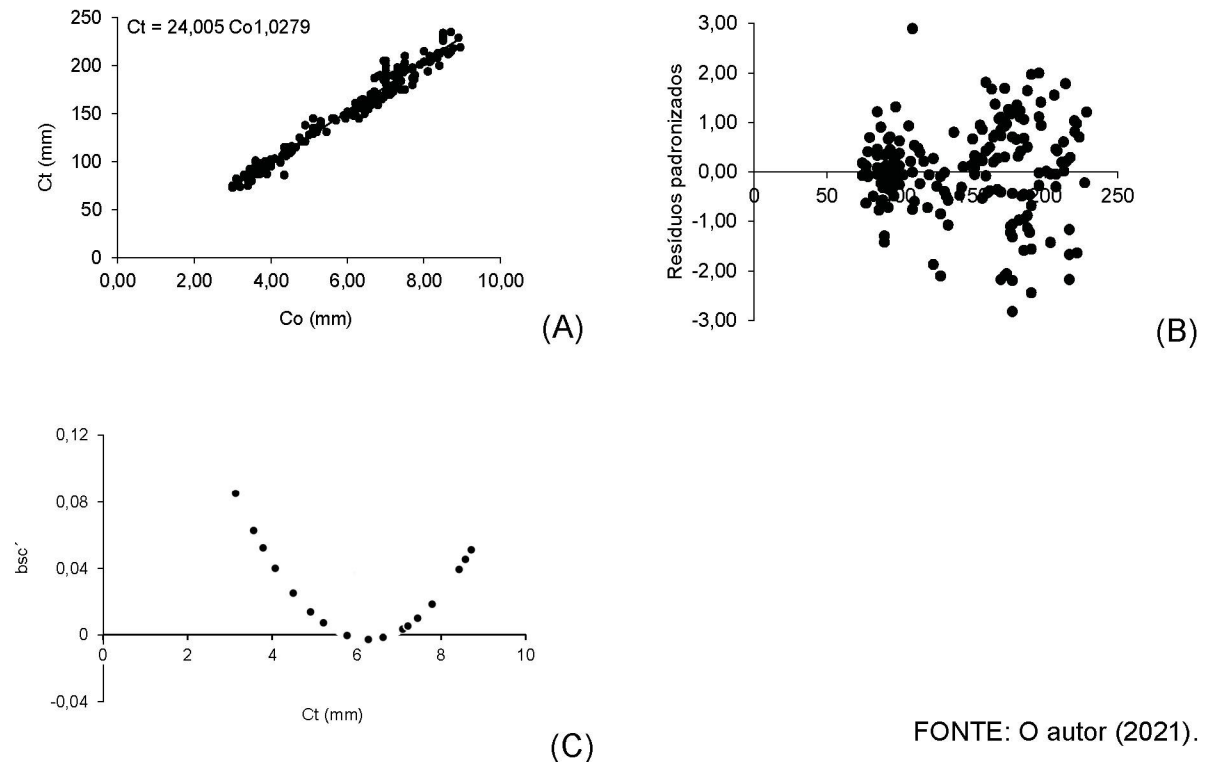
FIGURA 5- ANÁLISE GRÁFICA DO CRESCIMENTO POLIFÁSICO EM *Atherinella brasiliensis*. (A) RELAÇÃO Co vs. Ct ; (B) GRÁFICO DE RESÍDUOS PADRONIZADOS; (C) AJUSTE DE POLINÔMIO bsc' COM OS DOIS PONTOS DE MUDANÇA DE FASE ($y = 0$).



FONTES: O autor (2021).

Para *D. rhombeus*, o diagrama de dispersão Co vs Ct (FIGURA 6A) sugeriu diferentes fases de crescimento, a despeito da ausência de significância nos testes de falta de ajuste (TABELA 1). A partir da relação $Ct = 24,005 Co^{1,0279}$ ($r^2 = 0,9761$, $p = 0,3003$) e de seus resíduos (FIGURA 6B), foi ajustado o polinômio $bsc = 0,003 Co^3 - 0,0563 Co^2 + 0,3498 Co + 0,303$. Com sua derivação, obteve-se o diagrama da FIGURA 6C, indicando mudanças de fase em 5,74 mm Co (144,69 mm Ct) e 6,77 mm Co (171,44 mm Ct), respectivamente.

FIGURA 6– ANÁLISE GRÁFICA DO CRESCIMENTO POLIFÁSICO EM *Diapterus rhombeus*. (A) RELAÇÃO Co vs. Ct ; (B) GRÁFICO DE RESÍDUOS PADRONIZADOS; (C) AJUSTE DE POLINÔMIO bsc' COM OS DOIS PONTOS DE MUDANÇA DE FASE ($y = 0$).



No caso de *E. argenteus*, apesar da falta de ajuste nos resíduos do modelo Ct vs. Ao , não foram identificados padrões de mudança de fase de crescimento com esta técnica, pelo pouco incremento do otólito no eixo de crescimento.

4.1.2 Razões de aspecto

A análise das razões de aspecto evidenciou diferentes fases de crescimento dos otólitos em relação ao comprimento total (Ct) para as três espécies (FIGURA 7). Em *A. brasiliensis* foram observadas duas fases, similares àquelas identificadas na análise de crescimento relativo, com mudanças de padrão nas classes de 70 e 130 mm Ct , respectivamente. Reforçam este diagnóstico as análises estatísticas para AR_{Co} ($H = 30,11$, $p = 0,001516$), com diferenças entre as classes 60 e 70 mm Ct ($p = 0,00668$) e 120 e 130 mm Ct ($p = 0,04225$) (FIGURA 7A) e, também para AR_{Ao} ($H = 127,5$, $p = 5,51 \cdot 10^{-22}$), com diferenças entre as classes 50 e 60 mm Ct ($p = 0,001091$) e 90 e 100 mm Ct ($p = 0,001703$) (FIGURA 7B).

Em *D. rhombeus*, houve variações significativas em AR_{Co} ($H = 46,75, p = 0,00007386$). Gráficamente (FIGURA 7C), observam-se mudanças entre 130 e 140 mm Ct e entre as classes 170 e 180 mm, apesar de somente esta última ter tido significância ($p = 0,01983$). No caso da razão AR_{Ao} ($H = 37,19, p = 0,00196$) (FIGURA 7D), as mudanças foram mais evidentes em classes de tamanho menores (entre 80 e 90 mm $p = 0,01622$, e; 90 e 100 mm $p = 0,00848$) e, de forma similar, entre 170 e 180 mm Ct ($p = 0,03013$).

No caso de *E. argenteus*, foram observadas duas mudanças nos padrões das razões de aspecto, em 20 e em 70 mm Ct , com as variações significativas para AR_{Co} ($H = 24,41, p = 0,01108$), diferenças entre as classes 20 e 30 mm ($p = 0,02083$) e 70 e 80 mm ($p = 0,004977$) (FIGURA 7E) e, para a razão AR_{Ao} , entre classes 70 e 80 mm ($p = 0,002552$) (FIGURA 7F).

FIGURA 7–RAZÕES DE ASPECTO ENTRE O COMPRIMENTO E A ALTURA DOS OTÓLITOS SAGITTA DAS TRÊS ESPÉCIES ANALISADAS: (A) AR_{Co} vs. Classes Ct (mm)E (B) AR_{Ao} vs. Classes Ct (mm) PARA *Atherinella brasiliensis*; (C) AR_{Co} vs. Classes Ct (mm)E (D) AR_{Ao} vs. Classes Ct (mm) PARA *Diapterus rhombeus*; (E) AR_{Co} vs. Classes Ct (mm)E (F) AR_{Ao} vs. Classes Ct (mm) PARA *Eucinostomus argenteus*.

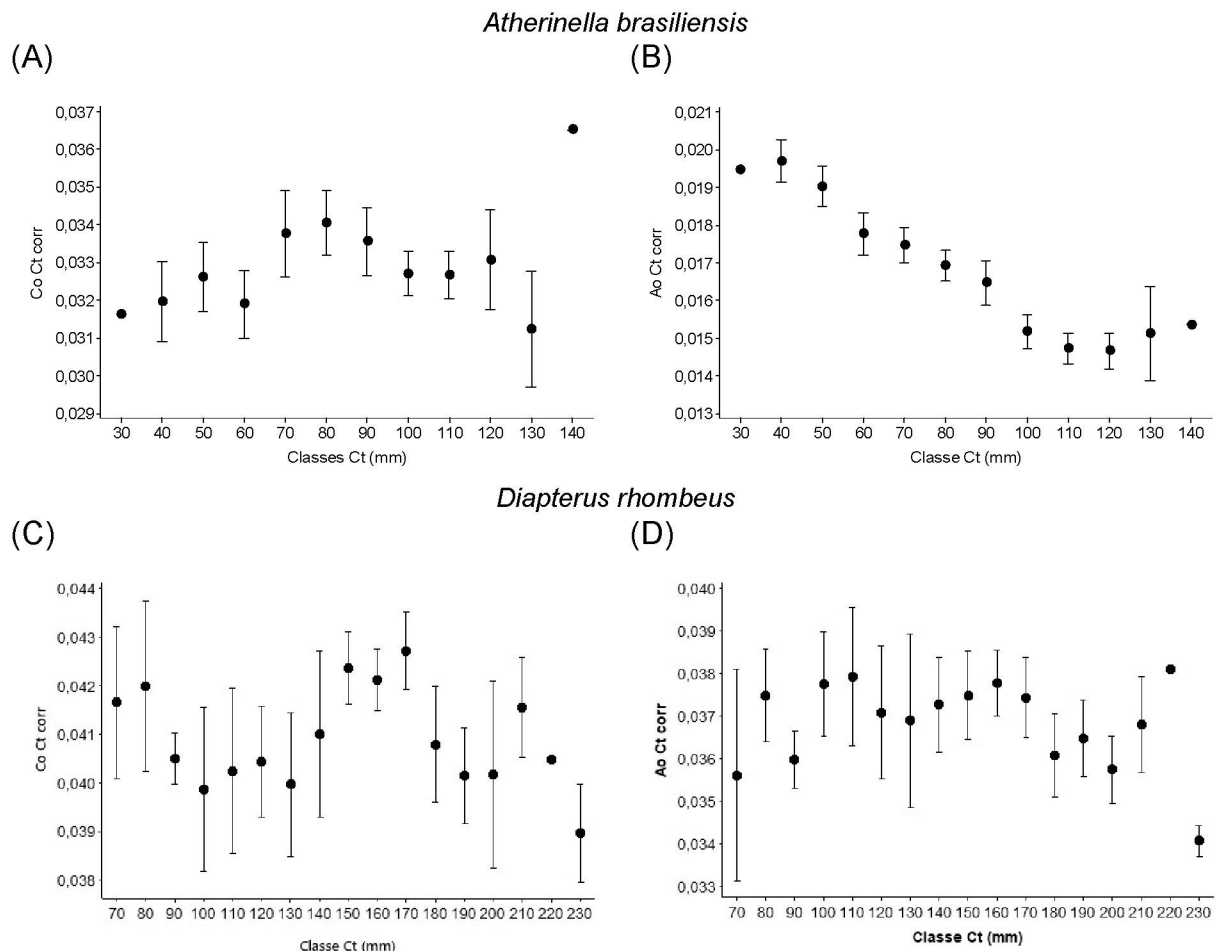
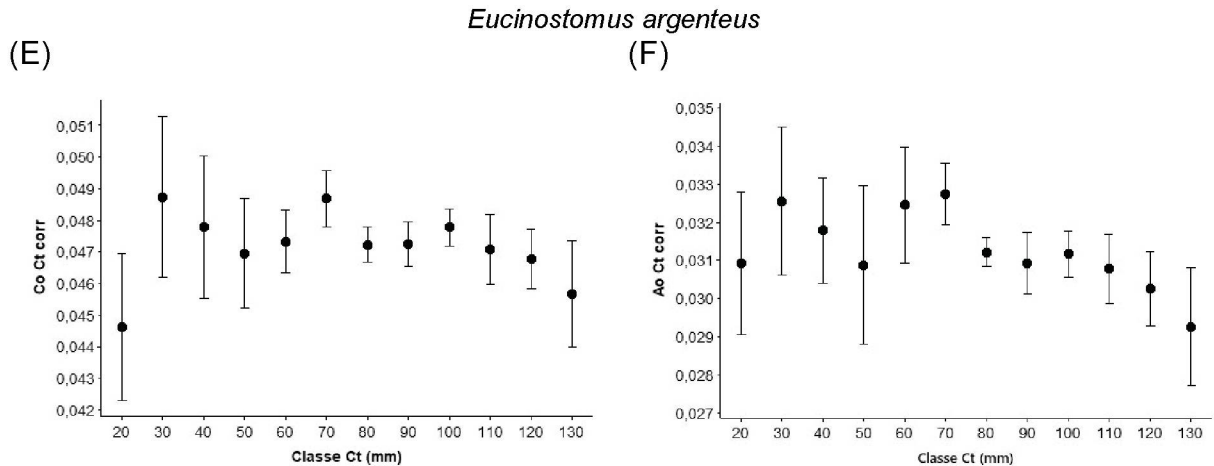


FIGURA 7 (continuação) – RAZÕES DE ASPECTO ENTRE O COMPRIMENTO E A ALTURA DOS OTÓLITOS SAGITTA DAS TRÊS ESPÉCIES ANALISADAS: (A) AR_{Co} vs. *Classes Ct(mm)* E (B) AR_{Ao} vs. *Classes Ct(mm)* PARA *Atherinella brasiliensis*; (C) AR_{Co} vs. *Classes Ct(mm)* E (D) AR_{Ao} vs. *Classes Ct(mm)* PARA *Diapterus rhombeus*; (E) AR_{Co} vs. *Classes Ct(mm)* E (F) AR_{Ao} vs. *Classes Ct(mm)* PARA *Eucinostomus argenteus*.



FONTE: O autor (2021).

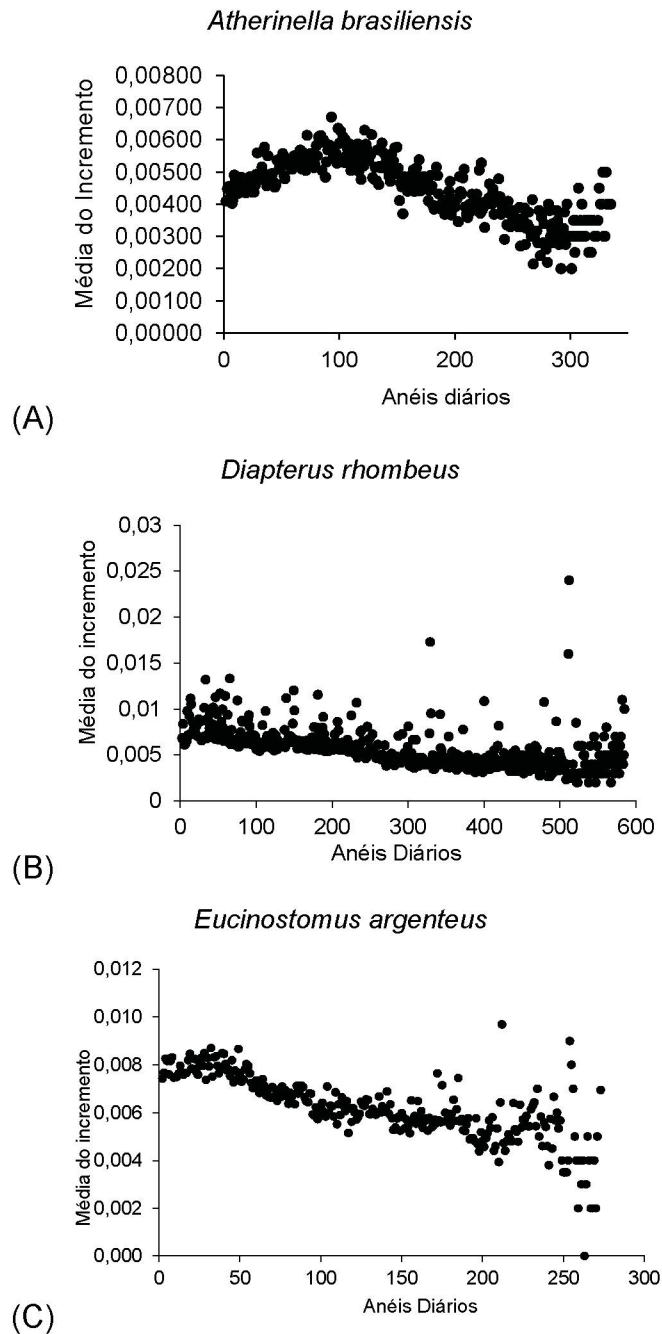
4.2 IDADE E CRESCIMENTO

4.2.1 Análise dos anéis de crescimento

Foram analisados 69 otólitos de *A. brasiliensis*, 61 otólitos de *D. rhombeus* e 90 otólitos de *E. argenteus*. A análise dos valores da espessura dos anéis diários evidenciou variações no crescimento ao longo da ontogenia (FIGURA 8). No peixe-rei, houve um aumento de espessura nos cem primeiros dias de vida, indicando crescimento rápido, seguido por uma progressiva redução de espessura dos anéis. No caso da carapeba, a redução de espessura foi paulatina e não muito acentuada, desde o primórdio até a borda. A espessura dos anéis diários no carapicu apresentou relativa constância até 40 dias, diminuindo até cerca de 120 dias, quando tendeu à uma nova estabilização; a partir de 150 dias, passou a diminuir progressivamente.

Para a subsequente correção do número de anéis diários, foram utilizadas as médias de espessura 0,00384 mm (*A. brasiliensis*), 0,00483 mm (*D. rhombeus*) e 0,00596 mm (*E. argenteus*), respectivamente.

FIGURA 8 - DIAGRAMA DE DISPERSÃO ENTRE O NÚMERO DE ANÉIS DIÁRIOS E A MÉDIA DE ESPESSURA DOS ANÉIS (TH_{Rn}) PARA *Atherinella brasiliensis* (A), *Diapterus rhombeus* (B) E *Eucinostomus argenteus* (C).



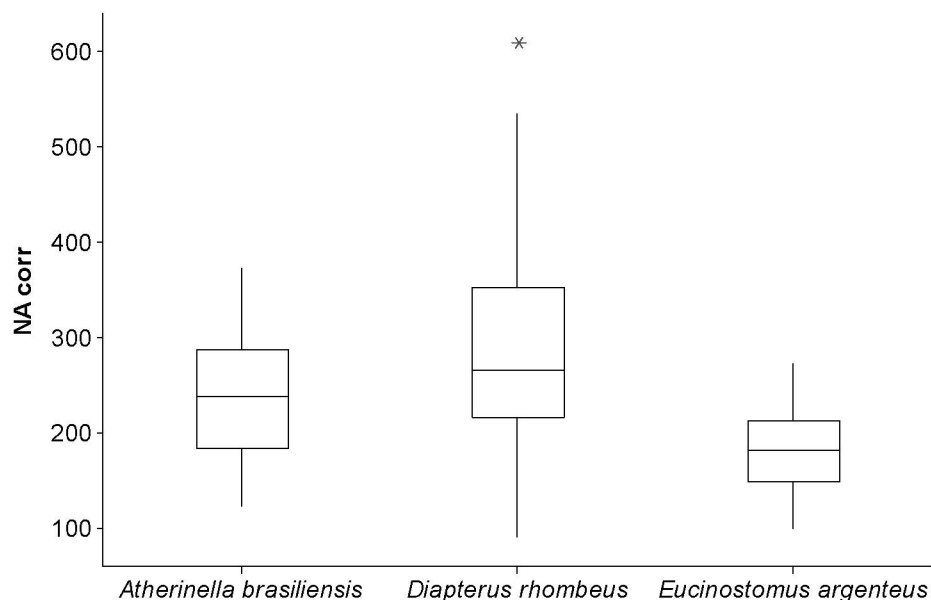
FONTE: O autor (2021).

A correlação entre o número de anéis (brutos e corrigidos) e o raio do otólito resultou em: $r_s = 0,721$, $p < 0,001$ ($NA_{vs.R_o}$) e $r_s = 0,867$, $p < 0,001$ ($NA_{corr vs.R_o}$) para *A. brasiliensis*; $r_s = 0,589$, $p < 0,001$ ($NA_{vs.R_o}$) e $r_s = 0,617$, $p < 0,001$ ($NA_{corr vs.R_o}$) para *D. rhombeus*; $r_s = 0,713$, $p < 0,001$ ($NA_{vs.R_o}$) e $r_s = 0,727$, $p < 0,001$

(NA_{corr} vs. R_o) para *E. argenteus*. Desta forma, os valores de NA_{corr} melhor representaram a quantidade de anéis, sendo utilizados para as análises seguintes.

Para *A. brasiliensis* foram observados um máximo de 374 anéis diários, para *D. rhombeus* 609 anéis diários e, para *E. argenteus*, 275 anéis diários. A variação do número de anéis consta da FIGURA 9.

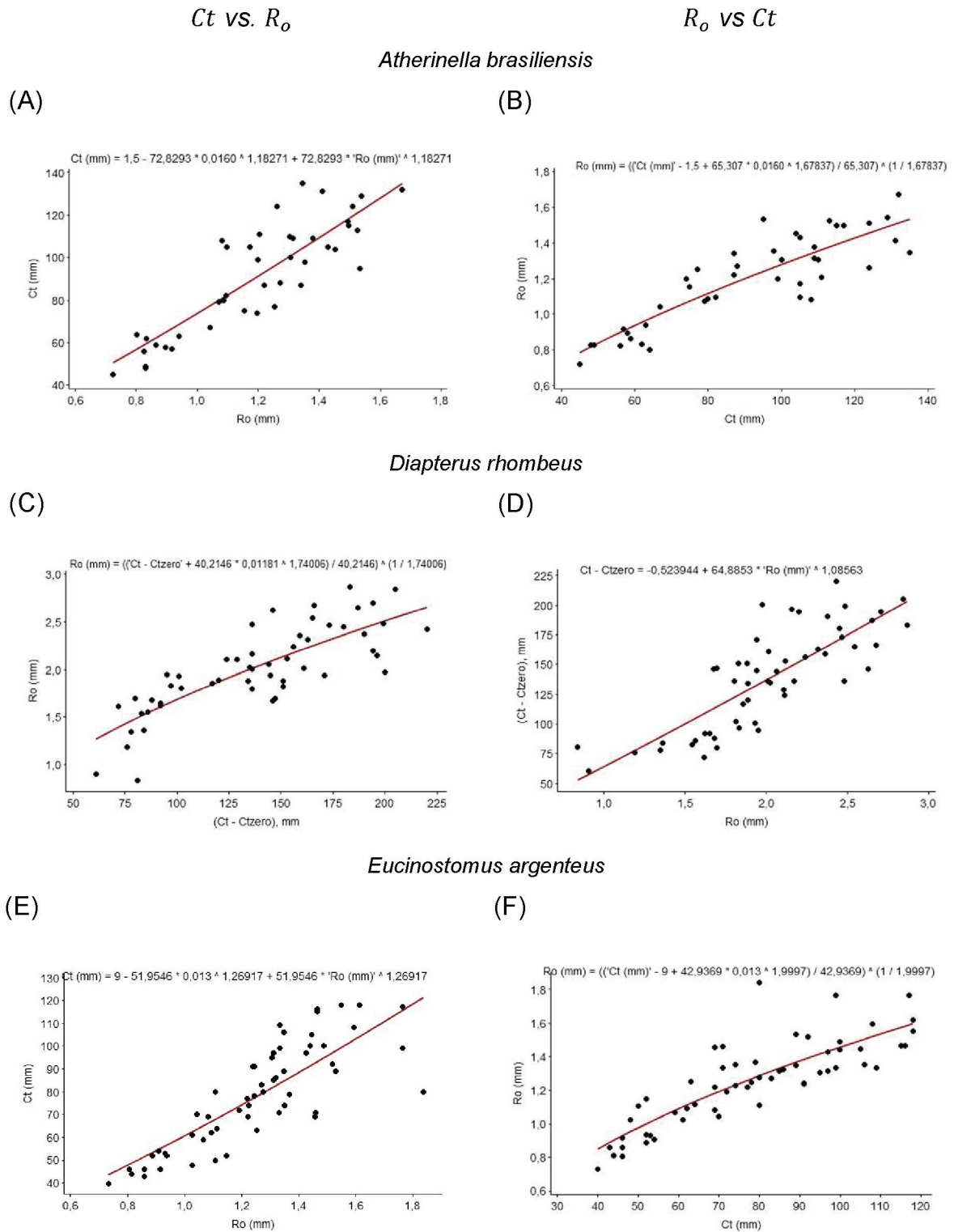
FIGURA 9 – BOXPLOT DO NÚMERO DE ANÉIS DIÁRIOS CORRIGIDOS (NA_{corr}) PARA AS TRÊS ESPÉCIES (BARRA = LIMITES MÍNIMO E MÁXIMO; CAIXA = PRIMEIRO E TERCEIRO QUARTIS; BARRA = MEDIANA; ASTERISCO = OUTLIER).



FONTE: O autor (2021)

A aplicação do retrocálculo de Fry resultou nos ajustes das regressões Ct vs. Ro e Ro vs. Ct para cada uma das espécies (FIGURA 10). A partir desses modelos, os comprimentos totais à época de formação do otólito foram: $a = 1,18850$ mm (*A. brasiliensis*), $a = 13,72913$ mm (*D. rhombeus*) e $a = 8,89144$ mm (*E. argenteus*). A partir dos valores semente e dessas estimativas foram os comprimentos totais retrocalculados resultaram em 9.131 valores ($1,5 \leq 125,96$ mm) para o peixe-rei, 14.223 valores ($14,3 \leq 260,65$ mm) para a carapeba e, 9.874 valores ($9,0 \leq 112,79$ mm) para o carapicu.

FIGURA 10- REGRESSÕES AJUSTADAS ENTRE COMPRIMENTO TOTAL (Ct) VS. RAO DO OTÓLITO (Ro) E Ro VS. Ct SEGUNDO O MODELO DE RETROCÁLCULO MODIFICADO DE FRY PARA *Atherinella brasiliensis* (A, B), *Diapterus rhombeus* (C, D) E *Eucinostomus argenteus* (D, E).



FONTE: O autor (2021).

4.2.2 Estimativa dos parâmetros de crescimento

Os parâmetros de crescimento ajustados para *A. brasiliensis* resultaram em estimativas viáveis todos os modelos de crescimento, exceto o de Gompertz com base na leitura de anéis, dada a ausência de exemplares no início da curva de crescimento (TABELA 2). Os modelos de Gompertz aleatórios (C_∞ , Ct_0), com base em comprimentos totais retrocalculados, foi o que melhor descreveu o crescimento do peixe-rei (FIGURA 11A):

$$Ct_t = 3,01 \cdot e^{[3,551 (1 - e^{(+0,01153 \cdot t)})]} e \quad Ct_t = 104,93 \cdot e^{[-3,551 \cdot e^{(-0,01153 \cdot t)}]}$$

Os melhores indicadores estatísticos e biológicos foram obtidos com esse conjunto de parâmetros, principalmente na porção inicial da curva, bem representada pelo retrocálculo. Apesar de o comprimento máximo teórico subestimar os maiores exemplares da amostra, há menor quantidade de dados na cauda direita da curva. Quanto ao modelo de von Bertalanffy, enquanto referencial, adotou-se aquele com os parâmetros estimados com base no C_∞ fixado e comprimentos totais retrocalculados (FIGURA 11B):

$$Ct_t = 158,95 [1 - e^{-0,00314 (t-8,93)}]$$

Para *D. rhombeus*, todos os modelos foram viáveis, exceto o de Gompertz com base no comprimento máximo teórico (TABELA 2). Com base nos critérios de seleção, o modelo de von Bertalanffy com parâmetros aleatórios, baseado em comprimentos totais retrocalculados, foi o mais adequado para a carapeba (FIGURA 11C):

$$Ct_t = 243,01 [1 - e^{-0,00272 (t+18,36)}]$$

Quanto aos parâmetros de *E. argenteus*, a maioria dos modelos deram resultados satisfatórios (TABELA 2). O modelo de Gompertz com o valor de Ct_0 fixado, baseado em comprimentos totais retrocalculados, foi considerado o melhor ajuste (FIGURA 11D):

$$Ct_t = 9,00 \cdot e^{[2,50576 (1 - e^{(+0,01006 \cdot t)})]}$$

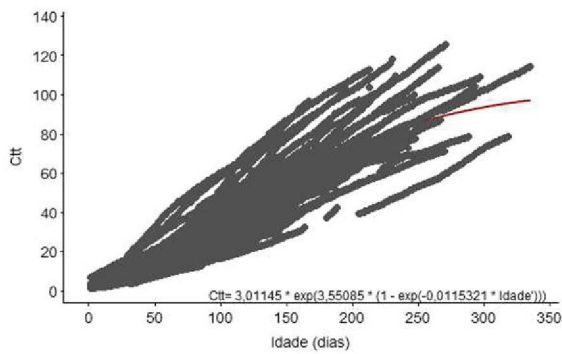
Sobre o modelo de von Bertalanffy, para o carapicu foi selecionado aquele com base no C_{∞} fixado e comprimentos totais retrocalculados (FIGURA 11E):

$$Ct_t = 198,47 [1 - e^{-0,00237 (t+8,49)}]$$

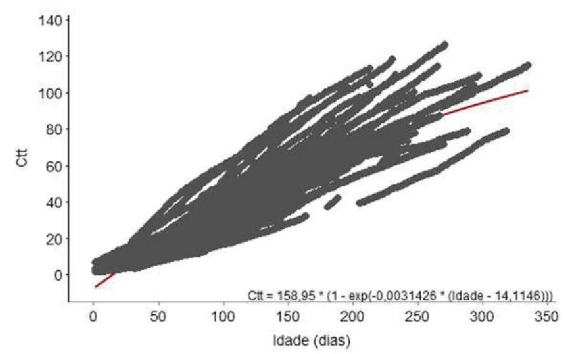
FIGURA11—CURVAS DE CRESCIMENTO PARA AS TRÊS ESPÉCIES ANALISADAS: MODELOS DE GOMPERTZ (A) E VON BERTALANFFY (B) PARA *Atherinella brasiliensis*, MODELO DE VON BERTALANFFY (C) PARA *Diapterus rhombeus* E MODELOS DE GOMPERTZ (D) E VON BERTALANFFY (E) PARA *Eucinostomus argenteus*.

Atherinella brasiliensis

(A)

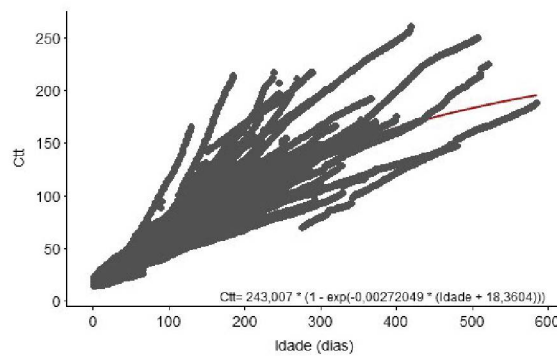


(B)



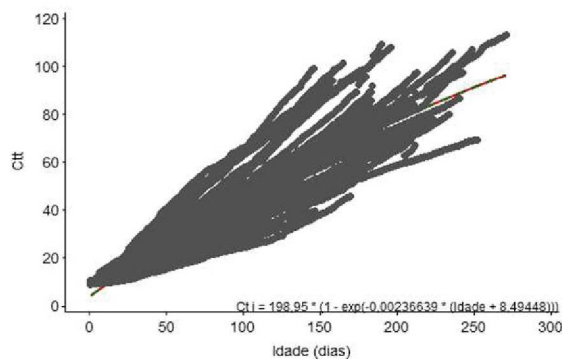
Diapterus rhombeus

(C)



Eucinostomus argenteus

(D)



(E)

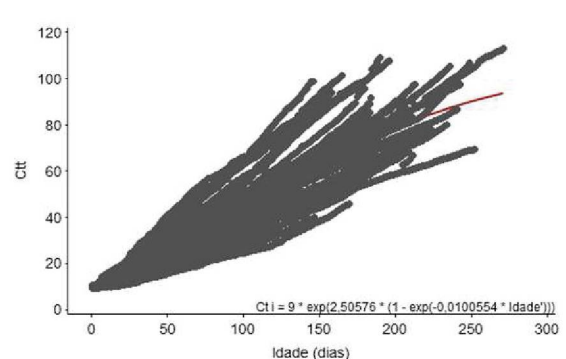


TABELA 2 – REGRESSÕES POTENCIAIS AJUSTADAS ENTRE O COMPRIMENTO TOTAL (C_t) E AS MEDIDAS DOS OTÓLITOS PARA AS TRÊS ESPÉCIES ANALISADAS (A E B = CONSTANTES DO MODELO, SE = ERRO PADRÃO DA ESTIMATIVA, R^2 = PSEUDO-COEFICIENTE DE DETERMINAÇÃO, $S_{Y,X}$ = ERRO PADRÃO DO MODELO, P = PROBABILIDADE DOS TESTES DE FALTA DE AJUSTE – F – E DE ISOMETRIA/ALOMETRIA – T).

Modelo	C_t (mm)	k / G (/dia)	t_0 (dias)	K (Gompertz)	$S_{y,x}$	AICc
<i>Atherinella brasiliensis</i>						
Leitura de anéis						
von Bertalanffy (aleatório)	127,62	0,00845	71,81	---	17,3295	256,931
von Bertalanffy (C_∞ fixado)	158,95	0,00450	38,95	---	17,3395	255,616
Logístico (aleatório)	117,667	0,01714	147,00	---	17,1914	256,226
Logístico (C_∞ fixado)	158,95	0,00789	197,34	---	17,8078	257,961
Gompertz (C_t aleatório)	---	---	---	---	---	---
Gompertz (C_t fixado)	---	---	---	---	---	---
Gompertz (C_∞ aleatório)	---	---	---	---	---	---
Gompertz (C_∞ fixado)	---	---	---	---	---	---
Retrocálculo						
von Bertalanffy (aleatório)	346,51	0,00120	8,93	---	11,2093	44139,60
von Bertalanffy (C_∞ fixado)	158,95	0,00314	14,11	---	11,4043	44453,60
Logístico (aleatório)	91,43	0,02212	127,57	---	11,0143	43819,03
Logístico (C_∞ fixado)	158,95	0,01168	217,74	---	12,5229	46162,33
Gompertz (C_t aleatório)	3,01	-0,01153	---	3,551	10,9254	43671,10
Gompertz (C_t fixado)	1,50	-0,01375	---	4,169	11,0321	43847,64
Gompertz (C_∞ aleatório)	104,93	0,01153	---	3,551	10,9254	43671,10
Gompertz (C_∞ fixado)	158,95	0,00702	---	3,181	11,4582	44539,62
<i>Diapterus rhombeus</i>						
Leitura de anéis						
von Bertalanffy (aleatório)	205,22	0,00377	-89,80	---	37,2974	396,57
von Bertalanffy (C_∞ fixado)	271,58	0,00159	-236,64	---	36,9874	394,38
Logístico (aleatório)	205,59	0,00499	65,27	---	37,4202	396,93
Logístico (C_∞ fixado)	271,58	0,00272	197,03	---	37,1025	394,72
Gompertz (C_t aleatório)	74,59	-0,00462	---	0,998	37,3608	396,76
Gompertz (C_t fixado)	14,00	-0,01244	---	2,509	37,2584	395,17
Gompertz (C_∞ aleatório)	---	---	---	---	---	---
Gompertz (C_∞ fixado)	---	---	---	---	---	---
Retrocálculo						
von Bertalanffy (aleatório)	243,01	0,00272	-18,36	---	22,7175	86674,06
von Bertalanffy (C_∞ fixado)	271,58	0,00227	-23,14	---	22,7501	86712,86
Logístico (aleatório)	169,97	0,01165	146,82	---	23,2624	87331,73
Logístico (C_∞ fixado)	271,58	0,00627	287,68	---	23,3205	89683,30
Gompertz (C_t aleatório)	20,94	-0,00719	---	2,17753	22,8826	86874,92
Gompertz (C_t fixado)	14,00	-0,00902	---	2,5004	23,1980	87253,81
Gompertz (C_∞ aleatório)	184,80	0,00719	---	2,17753	22,8826	86874,92
Gompertz (C_∞ fixado)	271,58	0,00409	---	2,19204	23,9009	88082,19
<i>Eucinostomus argenteus</i>						
Leitura de anéis						
von Bertalanffy (aleatório)	123,111	0,00782	45,47	---	16,8640	327,76
von Bertalanffy (C_∞ fixado)	198,47	0,00291	6,90	---	16,8117	326,13
Logístico (aleatório)	104,134	0,01991	117,46	---	16,8220	327,47
Logístico (C_∞ fixado)	---	---	---	---	---	---
Gompertz (C_t aleatório)	---	---	---	---	---	---
Gompertz (C_t fixado)	---	---	---	---	---	---
Gompertz (C_∞ aleatório)	---	---	---	---	---	---
Gompertz (C_∞ fixado)	---	---	---	---	---	---
Retrocálculo						
von Bertalanffy (aleatório)	424,24	0,00096	-14,06	---	9,5888	44647,26
von Bertalanffy (C_∞ fixado)	198,47	0,00237	-8,49	---	9,6376	44746,52
Logístico (aleatório)	90,97	0,01928	104,22	---	9,5605	44588,81
Logístico (C_∞ fixado)	198,47	0,01042	230,57	---	10,5391	46512,45
Gompertz (C_t aleatório)	8,81	-0,01021	---	2,51718	9,5190	44503,03
Gompertz (C_t fixado)	9,00	-0,01006	---	2,50576	9,5191	44502,14
Gompertz (C_∞ aleatório)	109,22	0,01021	---	2,51718	9,5190	44503,03
Gompertz (C_∞ fixado)	198,47	0,00571	---	2,7534	9,8753	45227,66

FONTE: O autor (2021).

5 DISCUSSÃO

A análise microestrutural dos otólitos de *A. brasiliensis*, *D. rhombeus* e *E. argenteus*, associada às mudanças morfométricas da estrutura, foram eficientes para quantificar o uso da baía do Araçá por essas espécies. Considerando que este ambiente foi selecionado como um modelo para estudos (OLIVEIRA; SANTOS; TURRA, 2018), os resultados e discussões aqui apresentados constituem um referencial para avaliação de outras áreas, somando-se a outros já publicados (LAMAS; ROSSI-WONGTSCHOWSKI; CONTENTE, 2016; ROSSI-WONGTSCHOWSKI; VAZ-DOS-SANTOS; SILIPRANDI, 2014; AMARAL et al., 2018).

Na área da baía do Araçá o peixe-rei recruta entre novembro e maio, com adultos predominando durante o segundo semestre (VAZ-DOS-SANTOS; ROSSI-WONGTSCHOWSKI, 2019a). Esse padrão foi reportado para outras áreas (PESSANHA & ARAÚJO, 2001; CARVALHO; CORREA, 2014), o que sugere um padrão conservativo para a unidade de manejo do sul do Brasil, a priori um grupo único (CORTINHAS et al., 2016). A análise de anéis diários em otólitos de *A. brasiliensis* em uma área adjacente resultou em alta taxa de crescimento (2,1676/ano) e uma longevidade de cerca de 1,5 anos (DIAS et al., 2019). Esses mesmos autores revisaram outros estudos realizados com a unidade de manejo do sul do Brasil, apontando a baixa variação latitudinal das taxas de crescimento (-0,90/ano), estimadas com métodos indiretos.

Nos resultados do presente estudo, *A. brasiliensis* apresentou mudanças de fase em 88 e 131 mm *Ct*, quando também muda o padrão das razões de aspecto dos otólitos. Esses comprimentos correspondem a cerca de 230-240 dias (por ambos os modelos selecionados) e 600 dias (pelo modelo de von Bertalanffy), respectivamente. A primeira mudança de fase pode ser associada à primeira maturação (FÁVARO et al., 2003; VAZ-DOS-SANTOS; ROSSI-WONGTSCHOWSKI, 2019a). A segunda mudança, considerando a curva de crescimento, representa o desenvolvimento ao final da vida, quando há pouco incremento em tamanho (senescência), associado também à pouca representatividade de indivíduos maiores na amostra.

Essa pouca representatividade de indivíduos maiores se deve ao fato de eles ocuparem zonas um pouco mais profundas da plataforma interna, não sendo

comumente amostrados (DIAS et al., 2019). Isso explica a eficiência dos modelos de crescimento ajustados no presente estudo para *A. brasiliensis*: enquanto o de Gompertz é eficaz para o início da curva, para os juvenis, dada a leitura de anéis diários e retrocálculo, o de von Bertalanffy, além de referencial, descreve bem o crescimento dos adultos. Simulando a estimativa de comprimentos totais a idade com ambos os modelos, o de Gompertz é bem acurado até 70 mm *Ct*, quando o de von Bertalanffy passa a ser o mais acurado. Isto confirma o notório saber sobre o uso desses modelos (STEVENSON; CAMPANA, 1992; MORALES-NIN, 1992; VAZ-DOS-SANTOS, 2021) e, não impede o uso de ambos conforme o intervalo de tamanho, satisfazendo critérios biológicos e estatísticos.

Particularmente, chama a atenção o padrão de incremento da espessura dos otólitos de *A. brasiliensis* até cerca de 100 dias, o que corresponde a comprimentos totais de cerca de 35 mm, os primeiros tamanhos registrados na baía do Araçá (VAZ-DOS-SANTOS; ROSSI-WONGTSCHOWSKI, 2019a) e em outros ambientes estuarinos-costeiros do sul do Brasil (PESSANHA; ARAÚJO, 2001; BERVIAN; FONTOURA, 2007; CARVALHO; SPACH, 2015; DIAS et al., 2019). Isto indica o momento em que ocorre o recrutamento para áreas de alimentação e crescimento inicial, cerca de 3 meses após a eclosão.

A idade atribuída e os parâmetros de crescimento aqui estimados confirmam que *A. brasiliensis* é uma espécie de crescimento rápido e ciclo de vida curto (1,5 anos), com aparente suscetibilidade dos otólitos e do crescimento a variações de curto prazo. Desta forma, aliado ao fato de eurialina, euritêmica e oportunista-generalista em termos de dieta (CONTENTE; STEFANONI; SPACH, 2011), o peixe-rei pode ser, de fato, considerado uma espécie sentinela de ambientes costeiros (NEVES, et al, 2006; FAVARO; OLIVEIRA; VERANI; 2007).

A desova de *D. rhombeus* na baía do Araçá, ocorre em janeiro, onde é caracterizada a presença de indivíduos jovens de 20 – 40 mm *Ct* (VAZ-DOS-SANTOS; ROSSI-WONGTSCHOWSKI, 2019a). Esse padrão é reportado também em outros estudos e áreas (CHAVES; OTTO, 1998; COSTA et al, 2012). A taxa de crescimento reportada pela análise de anéis diários para a espécie resultou em (0,24/ano) e uma longevidade com cerca de 12 anos (ELLIF et al, 2013).

Observou-se duas mudanças de fases *D. rhombeus* neste estudo, também reportadas pelas razões de aspecto ocorrendo em 144,69 e 171,44 mm *Ct*. Esses

comprimentos correspondem a cerca de 300 – 310 dias para a primeira fase e 400 – 410 dias para a segunda fase pelo modelo de von Bertalanffy. A primeira mudança de fase pode corresponder a primeira maturação, e a mudança de ambiente reportada (COSTA et al., 2012, BEZERRA et al., 2001), a segunda fase pode ser determinada por indivíduos que estão em um ritmo menor de crescimento, o que ocorre normalmente após atingir a maturidade, a partir dos exemplares coletados.

Como mencionado anteriormente, sobre os modelos, para *D. rhombeus*, apenas von Bertalanffy descreveu melhor o crescimento do mesmo, pois não é observado uma grande variabilidade dos comprimentos para o mesmo. Como observado também no padrão de incremento da espessura dos otólitos, que é relativamente constante, apenas observado nos primeiros 100 a 200 dias um aumento e depois se manteve. O menor comprimento encontrado na baía do Araçá corresponde 14 mm, e esses indivíduos se mantêm na baía até aproximadamente 6 meses de idade ou 120 mm (VAZ-DOS-SANTOS; ROSSI-WONGTSCHOWSKI, 2019a), o que pode justificar esse padrão encontrado.

A partir dos resultados estimados para idade e crescimento de *D. rhombeus*, é possível afirmar que a espécie possui um crescimento rápido nas fases iniciais e mais lento após o ciclo reprodutivo, sofrendo variações aparentes dos otólitos e no crescimento, ocasionados por fatores externos, mesmo não demonstrando muita variação na espessura de incremento. *Diapterus rhombeus* possui uma dependência por áreas semifechadas, baía e estuários, habitada principalmente por jovens (CORTELLETE et al., 2009, atrelado ao seu hábito alimentar generalista e a disponibilidade de alimento (DENADAI et al., 2012), a baía do Araçá pode ser de fato, uma área de berçário e crescimento dos indivíduos jovens principalmente.

O carapicu habita a baía do Araçá, principalmente pelos indivíduos jovens, onde sua desova ocorre nos meses de setembro a dezembro e as novas coortes em janeiro e março (VAZ-DOS-SANTOS; ROSSI-WONGTSCHOWSKI, 2019c), também relatada por Correa & Vianna (2015) na baía de Guanabara. Os resultados observados na análise de anel diário, não foram observadas fases de crescimento, mas foi possível identificar pelas razões de aspecto sendo em 20 mm e 70 mm *Ct*. Esses comprimentos correspondem a aproximadamente 30 - 40 dias, e 170 dias para ambos os modelos utilizados. Nos parâmetros de crescimentos observados por Silva, et al, 2014, a taxa de crescimento correspondeu a 0,61/ ano e longevidade

4,34 anos. O primeiro período detectado na razão de aspecto, pode ser determinada por indivíduos jovens e a segunda por indivíduos que integram os indivíduos de coorte, que retornam a baía para alimentação, que corresponde ao mesmo período de primeira maturação, com cerca de 115 mm a 120 mm (VAZ-DOS-SANTOS; ROSSI-WONGTSCHOWSKI, 2019c).

Dentre os modelos de crescimento, Gompertz e von Bertalanffy, resultaram em curvas bem próximas. A maioria dos indivíduos são jovens, o que determina a melhor resposta da curva nos períodos iniciais por Gompertz, visto que esse modelo descreve melhor indivíduos jovens (STEVENSON; CAMPANA, 1992; MORALES-NIN, 1992).

O padrão de incremento da espessura, pode estar relacionada aos indivíduos jovens, onde apesar de não se ter os valores iniciais baixos, é possível observar um padrão de deposição até os primeiros 50 dias, e depois um declínio, esse padrão pode estar relacionado ao comportamento dos indivíduos de deslocamento até a baía após eclosão, para alimentação e crescimento inicial, observados no primeiro período de 20 mm observado neste estudo, e também aos menores comprimentos observados em outros locais, de 11 mm - 17 mm C_t (VAZ-DOS-SANTOS; ROSSI-WONGTSCHOWSKI, 2019c; SILVA, et al. 2014).

A idade e os parâmetros de crescimento determinados para *E. argenteus*, confirmam que a espécie apresenta um crescimento rápido e um ciclo de vida mais longo (2,5 a 3 anos). Observa-se a sensibilidade dos otólitos e do crescimento ao padrão de comportamento do Carapicu, em relação a sua reprodução e alimentação, visto que os indivíduos recém eclodidos buscam a baía para a alimentação e saem daí a partir da primeira maturação (CORREA; VIANNA, 2015; VAZ-DOS-SANTOS; ROSSI-WONGTSCHOWSKI, 2019c).

Em termos metodológicos, a análise do crescimento relativo com base no modelo alométrico (BERVIAN et al., 2006) permitiu expandir o mero diagnóstico sobre isometria/alometria para a detecção de fases de crescimento, o que tem sido eficaz para várias espécies (CARVALHO et al, 2015; MACIEL, 2019). É uma resposta rápida para um diagnóstico sobre aspectos do ciclo de vida das espécies, mesmo com os valores das constantes b refletindo muito a forma corporal, decorrente da história evolutiva dos diferentes grupos de peixes (FROESE, 2019). Dessa forma, as

razões de aspecto complementam esse diagnóstico (VOLPEDO & ECHEVERRÍA, 2001; TUSET et al., 2008; LOMBARTE & TUSET, 2015).

Recentemente, Tuset et al. (2021) recomendarem o abandono dos índices de forma de otólitos para a identificação de espécies, por serem pouco robustos. As razões de aspecto aqui utilizadas, enquanto proporções, não constituem índices de forma per se (cf. TUSET et al., 2003) e, em um contexto intraespecífico e, quiçá intrapopulacional, são eficazes para comparações. No entanto, cabe ressaltar que esta acurácia só pode ser corretamente interpretada após a remoção do efeito do comprimento corporal. Lombarte & Lleonart (1993), observaram o comportamento do tamanho otólito em relação ao crescimento corporal, profundidade e temperatura do ambiente, confirmando que o crescimento/desenvolvimento dos otólitos é influenciado por fatores externos. Dessa forma, cumprindo estas etapas, a aplicação do método só revela mudanças de padrão se elas de fato existirem, como no caso das três espécies aqui estudadas.

Quando da análise anéis diários, aliado aos dados de literatura, a incorporação do intercepto biológico, o início da proporcionalidade entre C_{te} e C_o (CAMPANA, 1990), foi fundamental para uma acurada aproximação do desenvolvimento inicial das espécies. O criticismo a outros métodos que não utilizam o intercepto biológico (VIGLIOLA et al., 2000; VIGLIOLA, MEEKAN, 2009) não os invalida, mas qualifica os mais e menos adequados. No presente estudo, para as três espécies, foi uma informação fundamental, que conduziu a estimativas robustas, considerando a variabilidade individual. Da mesma forma, o uso dessas informações para ajustar os diferentes modelos de crescimento e, após isso, selecioná-los (KATSENAVAKIS; MARAVELIAS, 2008; VAZ-DOS-SANTOS; SILVEIRA, 2021) constitui estratégia eficaz para a escolha do melhor ajuste.

De modo geral, a identificação das fases de crescimento das três espécies, foi caracterizada por indivíduos jovens, apresentando 2 fases distintas, caracterizando a baía do Araçá como uma região que abriga indivíduos jovens e com potencial para alimentação das mesmas. Foram observadas mudanças nos padrões de crescimento dos otólitos e incrementos de espessura, atrelados ao comportamento dos peixes em relação a sua primeira maturação, pois os pontos de mudança de fase se assemelham entre si. *Atherinella brasiliensis* é uma espécie sentinela na baía, de grande importância ecológica. Já *Diapterus rhombeus* e *Eucinostomus argenteus*, desempenham um papel como recurso pesqueiro para comunidades ribeirinhas, o

que faz necessário a identificação dos comportamentos elencados neste estudo a fim de preservar e manter a comunidade ecológica da região.

Usar modelos similares deste estudo para monitoramento das espécies, e utilizar amicroquímica de otólitos e outros métodos, para se verificar possíveis impactos antrópicos que interfiram na baía e nos recursos pesqueiros.

6 CONCLUSÃO

Os otólitos de *A. brasiliensis*, *D. rhombeus* e *E. argenteus* constituíram uma ferramenta acurada para descrever o desenvolvimento das três espécies. Respeitando a particularidade de cada espécie, as mudanças nas medidas lineares e nos índices de forma indicaram o crescimento inicial de juvenis, seguido por uma mudança de padrão relacionada à maturação gonadal. Espécimes maiores e mais próximos ao comprimento máximo teórico e, conseqüentemente mais velhos, foram escassos, sendo essa a fase de vida com menos representação na amostra.

Em relação crescimento, *A. brasiliensis*, *D. rhombeus* e *E. argenteus* apresentam ciclo de vida curto, com acentuada diferença dos comprimentos corporais na mesma idade devido à principal fase de crescimento analisada (juvenis) e à desova prolongada (mais de seis meses). Em termos metodológicos, o presente estudo mostrou empiricamente a acurácia do modelo de Gompertz para descrever o crescimento inicial e o de von Bertalanffy para o de peixes mais velhos, dada a adequação estatística de cada um para as diferentes fases de desenvolvimento.

Recomenda-se, em pesquisas futuras utilizar também outras técnicas (e.g., microquímica de otólitos, análise conjunta de morfometria corporal e de otólitos, biologia reprodutiva) para investigar como as mudanças no ciclo de vida afetam e são afetadas pelos diferentes componentes da biologia das espécies.

7 REFERÊNCIAS

- ABRAMOFF, M.D., MAGALHAES, P.J., RAM, S.J. Image Processing with ImageJ. *Biophotonics International*. v.11, n. 7, p. 36-42, 2004.
- ALBUQUERQUE, C.Q.; MIEKELEY, N.; MUELBERT, J.H. Whitemouth croaker, *Micropogonias furnieri*, trapped in a freshwater coastal lagoon: a natural comparison of freshwater and marine influences on otolith chemistry. *Neotropical Ichthyology*. v. 8, n.2, p.311-320, 2010.
- AMARAL, A. C. Z.; JABLONSKI, S. Conservação da biodiversidade marinha e costeira no Brasil. *Megadiversidade*, v. 1, p. 43–51, 2005.
- AMARAL, A. C. Z. et al. Araçá: biodiversidade, impactos e ameaças Porque Conservar o Araçá para as Futuras Gerações: Histórico de Alterações e Sobrevivência do Araçá. *Biota Neotropica*, v. 10, n. 1, p. 219–230, 2010.
- AMARAL, A. C. Z. et al. Vida na Baía do Araçá: diversidade e importância. *Lume*. São Paulo, ed.2, p.88, 2016.
- AVIGLIANO, E.; MARTINEZ, R. F.; VOLPEDO, A.V. Combined use of otolith microchemistry and morphometry as indicators of the habitat of the silverside (*Odontesthes bonariensis*) in a freshwater-estuarine environment. *Fisheries Research*. v.149, p.55-60, 2014.
- AVIGLIANO, E., VELASCO, G., VOLPEDO, A.V. Assessing the use of two southwestern Atlantic estuaries by different life cycle stages of the anadromous catfish *Genidens barbus* as revealed by Sr:Ca and Ba:Ca ratios in otoliths. *J Appl. Ichthyol*. p. 0175-8659, 2015.
- BARRADAS, J.R.S.; LERMEN, I.S.; LARRÉ, G.G.; MARTINS, T.P.; FONTOURA, N.F. Polyphasic growth in fish: a case study with *Corydoras paleatus* (Siluriformes, Callichthyidae). *Iheringia Série Zoologia*. p.106, 2016.
- BAREMORE, I. E.; BETHEA, D. M. A guide to otoliths from fishes of the gulf of Mexico. NOAA. Technical Memorandum, n. NMFS-SEFSC-599, p. 106, 2014.
- BERVIAN, G.; FONTOURA, N.F.; HAIMOVICI, M. Statistical model of variable allometric growth: otolith growth in *Micropogonias furnieri* (Actinopterygii, Sciaenidae). *Journal Fish Biology*,; 68(1):196-208. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/j.0022-1112.2006.00890.2006>
- BERVIAN, G.; FONTOURA, N.F. Growth of the Silverside *Atherinella brasiliensis* in Tramandaí Estuary, Southern Brazil (Actinopterygii: Atherinopsidae). *Neotropical Ichthyology*, v.5, n.4, p. 485-490, 2007.
- BEZERRA, R. S., VIEIRA, V. L. A., SANTOS, A. J. G. Ciclo reprodutivo da Carapeba Patreada *Diapterus rhombeus* (Cuvier, 1829), no litoral de Pernambuco – Brasil. *Tropical Oceanography*, Recife, v.29, n.1, p.67-78, 2001.

BOT NETO, R. L. et al. Insights sobre a influência da filogenética no crescimento relativa utilizando *Atherinella brasiliensis* como ferramenta. Boletim do Instituto de Pesca, v. 47, 2021. ISSN 1678-2305. Disponível em: < <https://www.institutodepesca.org/boletim/index.php/bip/article/view/1622> >.

CAMPANA, S.E. How reliable are growth Back-calculations based on otolith. Journal Fish Aquatic Science, n.47, p. 2219-227, 1990.

CAMPANA, S. E.; JONES, C. Analysis of otolith microstructure data. In: Stevenson, D.K.; Campana, S.E. Otolith microstructure examination and analysis. Canadian Special Publication of Fisheries and Aquatic Sciences, p. 7-100, 1992.

CAMPANA, S.E. Accuracy, precision and quality control in age determination, including a review of the use and abuse of age validation methods. Journal of Fish Biology, v.59, n.2, p. 197- 242, 2001.

CAMPANA, S.E., THORROLD, S.R. Otoliths, increments and elements: keys to a comprehensive understanding of fish populations. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Science, v.58, p.30-38, 2001.

CAMPANA, S.E. Photographic atlas of fish otoliths of the Northwest Atlantic Ocean. Ottawa: NRC Research Press. p. 280, 2004.

CARVALHO, B.M.; CORREA, M.F.M. Morphometry of the sagittal otolith from *Atherinella brasiliensis* (QUOY&GAIMARD, 1824) (ACTINOPTERYGII - ATHERINOPSIDAE), at the coast of Paraná. Tropical Oceanography. v. 42, n. 1 p. 54-59, 2014.

CARVALHO, B.M.; SPACH, H. L. Habitat use by *Atherinella brasiliensis* (Quoy&Gaimard, 1825) in intertidal zones of a subtropical estuary. Acta Scientiarum. Biological Sciences, n.2, v. 37, p.177-184, 2015.

CARVALHO, B.M.; VAZ DOS SANTOS, A.M.; VOPEDO, A.V. Ontogenetic development of the sagittal otolith of the anchovy; *Anchoa tricolor* , in a subtropical estuary. Scientia Marina, v. 79, n. 4, p. 409–418, 2015.

CARVALHO, B.M.; et al. Crescimento da *Atherinella brasiliensis* em um estuário subtropical com algumas informações sobre a relação peso-comprimento. Anais da Academia Brasileira de Ciências, n.89, p. 2261-2272, 2017.

CASTRO, P.; HUBER, M.E. O fundo Oceânico. In: CASTRO, P.; HUBER, M. E. (Ed.) Biologia Marinha. AMGH editora Ltda, 2012. cap.II. ed. 8, p.18-39.

CATTANI, A. P. et al. Diversity and space-time dynamics of fish assemblages in a coastal lagoon, Atlantic. Neotropical Biology and Conservation, v. 14, n. 2, p. 221–239, 2019.

CHAVES, P. DE T. DA C.; OTTO, G. Aspectos biológicos de *Diapterus rhombeus* (Cuvier) (Teleostei, Gerreidae) na Baía de Guaratuba, Paraná, Brasil. Revista Brasileira de Zoologia, v. 15, n. 2, p. 289–295, 1998.

CONTENTE, R. F.; STEFANONI, M. F.; SPACH, H. L. Feeding ecology of the Brazilian silverside *Atherinella brasiliensis* (Atherinopsidae) in a sub-tropical estuarine ecosystem. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, v. 91, n. 6, 2011.

CORREIA AT, COIMBRA AM, DAMASCENO-OLIVEIRA A. Effect of the hydrostatic pressure on otolith growth of early juveniles of Nile tilapia *Oreochromis niloticus*. *Journal Fish Biology*. n.81, v.1, p. 329-34. 2012.

CORREA, B.; VIANNA, M. Spatial and temporal distribution patterns of the silver mojarra *Eucinostomus argenteus* (Perciformes: Gerreidae) in a tropical semi-enclosed bay. *Journal of fish biology*, v. 89, n. 1, p. 641–660, 2015.

CORTELLETE, G. D. M. et al. Peixes Da Área De Deposição De Material Dragado Na Baía De Antonina, Paraná, Brasil. *Cadernos da Escola e Saúde*, v. 2, p. 1–19, 2009.

CORTINHAS, M. C. S et al. Genetic structuring among silverside fish (*Atherinella brasiliensis*) populations from diferente Brazilian regions. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, v. 178, p. 148-157, 2016.

COSTA, M. R. et al. Distribution and size of the mojarra *Diapterus rhombeus* (Cuvier) (Actinopterygii, Gerreidae) in a Southeastern Brazilian bay. *Brazilian Journal of Oceanography*, v. 60, n. 2, p. 199–207, 2012.

DE LA CRUZ – AGUERO, J.L. et al. Relationships between Sagittal Otolith Length and Fish Size for 14 Mojarra Species (Gerreidae: Perciformes) in Mexico. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciencies*. v.16, p. 629-636, 2016.

DE LA CRUZ-AGUERO, J.C. et al. Identification of gerreid species (Actinopterygii: Perciformes: Gerreidae) from the pacific coast of Mexico based on sagittal otolith morphology analysis. *Acta Ichthyologica Et Piscatoria*. v.4, n.42, p.297-306, 2012.

DENADAI, M. R. et al. Diets of *Eucinostomus argenteus* (Baird & Girard, 1855) and *Diapterus rhombeus* (Cuvier, 1829) (perciformes: Gerreidae) in Caraguatatuba bay, southeastern brazil. *Pan-American Journal of Aquatic Sciences*, v. 7, n. 3, p. 143–155, 2012.

DOTTORI, M.; SIEGLE, E.; CASTRO, B. M. Hydrodynamics and water properties at the entrance of Araçá Bay, Brazil. *Ocean Dynamics*, v. 65, n. 12, p. 1731–1741, 2015.

DIAS, J. et al. *Atherinella brasiliensis* (Quoy&Gaimard 1825) at Itamambuca, a coastal Ecosystem of the São Paulo state. In AZ-DOS-SANTOS, A. M; ROSSI-WONGTSCHOWSKI, C.L.B. Growth in fisheries Resources from the South western Atlantic. Instituto Oceanografico. p. 117. 2019. (a)

ELLIFF, C. I. et al. Population structure of caitipa mojarra (*Diapterus rhombeus*) in an estuarine system of southeastern Brazil. Bol. Inst. Pesca, São Paulo, v.39, p. 411 – 421, 2013.

FAVERO, L.P.; BELFIORE, P. Manual de Análise de Dados: Estatística e Modelagem Multivariada com Excel®, SPSS® e Stata®, 2003.

FÁVARO, L. F., E. C. OLIVEIRA & N. F. VERANI. Estrutura da população e aspectos reprodutivos do peixe-rei *Atherinella brasiliensis* (Quoy&Gaimard) (Atheriniformes, Atherinopsidae) em áreas rasas do complexo estuarino de Paranaguá, Paraná, Brasil. Revista Brasileira de Zoologia, v. 24, p.1150-1156, 2007.

FELIX,V.R et al. Morphology and morphometric relationships of the sagitta of *Diapterus auratus* (Perciformes: Gerreidae) from Veracruz, Mexico. Rev. Biologia Tropical. v.61, 2013.

FIGUEIREDO,J.L.; MENEZES, N.A. Manual de peixes marinhos do Sudeste do Brasil – II. Teolostei (1). Museu de Zoologia, Universidade de São Paulo, 1978.

FRANÇA, E.J., et al. Description of *Atherinella brasiliensis* (Quoy&Gaimard, 1825) (Atheriniformes: Atherinopsidae) larvae from the Jaguaribe River estuary, Itamaracá island, Northeastern Brazil. Neotropical. ichthyology. v.5, 2007.

FROESE, R.; PAULY.D. FishBase, World Wide Web eletronic publication. Disponível em: <www.fishbase.org>, 2019.

GAUDIE, R.W.; NELSON, D. G.A. Otolith growth in fishes. Company Biochemical Physiology, v.97, n. 2, p.119-135, 1990.

GILLANDERS, B.M. Conectividade entre populações de peixes jovens e adultos: os adultos permanecem perto de seus estuários de recrutamento. Marine Ecology Progress Series. v. 240, p. 215-223, 2002.

GIOMBELLI-DA-SILVA, A. MONTEIRO-NETO, C. VAZ- DOS-SANTOS, A.M. A new perspective of *Mugil liza*: The fast growth in an impacted subtropical bay. Regional Studies in Marine Sciencie. v.48, 2021.

GREEN, B.S.; MAPSTONE, B.D.; CARLOS, G.; BEGG, G.A. Introduction to otoliths and fisheries in the tropics. In: Green, B.S.; Map stone, B.D.; Carlos, G.; Begg, G.A. Tropical Fish Otoliths: Information for Assessment, Management and Ecology. Springer. p. 1-19, v.11, 2009.

GRUBER, N.; BARBOZA, E.; NICOLODI, J. Geografia dos sistemas costeiros e oceanográficos: subsídios para gestão integrada da zona costeira. Gravel, n. 1, p. 81–89, 2003.

GUBITOSO, S. et al. Estudo geoambiental da região circunjacente ao emissário submarino de esgoto do Araçá, São Sebastião (SP). Rev. Brasil. de Geociências, v.38, n.3, p.467-475, 2008.

MARAVELIAS, C. DKATSANEVAKIS, S.;. Modelling fish growth: multi-model inference as a better alternative to a priori using von Bertalanffy equation. *Fish and fisheries*, v. 9, n. 2, p. 178-187, 2008.

KERSCHNER, B. A.; PETERSON, M. S.; GRANT GILMORE, R. Ecotopic and ontogenetic trophic variation in mojarras (Pisces: Gerreidae). *Estuaries*, v. 8, n. 3, p. 311–322, 1985.

KIM, B. S. M. et al. Organic and inorganic contamination in sediments from Araçá Bay, São Sebastião, Brazil. *Ocean and Coastal Management*, v. 164, n. January, p. 42–51, 2018.

KORTA, M. et al. European hake (*Merluccius merluccius*) in the Northeast Atlantic Ocean. In: HUGO ARANCIBIA (Ed.). *Hakes: Biology and Exploitation*. 1. ed. [s.l: s.n.]. p. 1–37, 2015.

LAMAS, R. A.; ROSSI-WONGTSCHOWSKI, C. L. B.; CONTENTE, R. F. Checklist of the fish fauna of the Araçá Bay, São Sebastião Channel, Brazil. *CheckList*, v. 12, n. 6, 2016.

LESSA, R., DUARTE-NETO, P., MORIZE, E., & MACIEL, R. Otolith microstructure analysis with OTC validation confirms age overestimation in Atlantic thread herring *Opisthonema oglinum* from north-eastern Brazil. *Journal of Fish Biology*, v. 7, n. 73, p. 1690–1700, 2008. Disponível em: <<https://doi.org/10.1111/j.1095-8649.2008.02043>>.

LOMBARTE, A.; LLEONART, J. Otolith size chances related with body growth, habitat depth and temperature. *Environmental Biology of Fishes*. v.37, n. 3, p. 297–306, 1993.

LOMBARTE, A., & TUSET, V. Morfometría de otolitos. In A. V. Volpedo & A. M. Vaz-dos-Santos (Eds.), *Métodos de estudios con otolitos: Principios y aplicaciones*. p. 60–90, 2015.

MACIEL, T.R. et al. Sexual dimorphism in the catfish *Genidens genidens* based on otolith morphometry and relative growth. *Neotropical Ichthyology*. v.17, n.1, 2019.

MATSUURA, Y., NAKATANI, K.—. Ocorrência de larvas e jovens de peixes na Ilha Anchieta (SP) com algumas anotações sobre morfologia de castanha, *Umbrina coroides*. *Bol. Inst. Oceanogr.*, São Paulo, v.28, p.165-183, 1979.

MORALES-NIN, B. Determination of growth in bony fishes from otolith microstructure (322nd ed.). Rome: FAO, 1992.

MORALES-NIN, B. Review of the growth regulation processes of otolith daily increment formation. *Fisheries Research*, n. 46, p. 53–67, 2000. < Disponível em: [https://doi.org/10.1016/S0165-7836\(00\)00133-8](https://doi.org/10.1016/S0165-7836(00)00133-8)>.

MOTULSKY, H.J.; CHRISTOPOULOS, A. Fitting Models to Biological Data Using Linear and Nonlinear Regression: A Practical Guide to Curve Fitting. GraphPad Software Inc., San Diego, 2003.

NEVES, L.M. et al. The use of the Guaratiba magrove, Sepetiba Bay, Rio de Janeiro, by the silverside *Atherinella brasiliensis* (Quoy&Gaimard) (Atheriniformes, Atherinopsidae). *Revista Brasileira de Zoologia*. v. 23, 2006.

OLIVEIRA, N. R.; SANTOS, C. R.; TURRA, A. Environmental perception as support for coastal management in the bay of Araçá, northern coast of the São Paulo state, Brazil. *Desenvolvimento e Meio Ambiente*, v. 44, p. 140–163, 2018.

OLIVEIRA, O. M. P.; MARQUES, A. C. Dinâmica sazonal das massas de água no canal de São Sebastião (SE Brasil) de março de 2005 a maio de 2006. *AOCEANO – Associação Brasileira de Oceanografia*, 2007.

PANFILI, J.; TOMÁS, J.; MORALES-NIN, B. Otolith microstructure in tropical fish. In: Green, B.S.; Mapstone, B.D.; Carlos, G.; Begg, G.A. *Tropical Fish Otoliths: Information for Assessment, Management and Ecology*. Springer. p. 1-19, v.11, 2009.

PESSANHA, A.L.M; ARAÚJO, F.G.. Recrutamento do peixereí, *Atherinella brasiliensis* (Quoy&Gaimard) (Atheriniformes, Atherinopsidae), na margem continental da baía de Sepetiba, Rio de Janeiro, Brasil. *Revista Brasileira de Zoologia*, Curitiba, n.18, v.4, p. 1265-1274, 2001.

POWLES, P.M.; SANDEMAN, I.A. Growth, summer cohort output, and observations on the reproduction of brook silverside, *Labidesthes sicculus* (Cope) in the Kawartha Lakes, *Environmental Biology of fish*, v.82, p.421, 2007.

QUINN, T. J. ; DERISO, R. B. *Quantitative Fish Dynamics*. Oxford University Press, p.61, 1999.

RIBEIRO, C.A.O., et al. Biomarkers responses in fish (*Atherinella brasiliensis*) of Paranaguá bay, southern brazil, for assessment of pollutant effects. *Brazilian journal of oceanography*, n.61, v.1, p. 1-11, 2013.

ROSSI-WONGTSCHOWSKI, C. L. D. B.; VAZ-DOS-SANTOS, A. M.; SILIPRANDI, C. C. Checklist of the marine fishes collected during hydroacoustic surveys in the southeastern brazilian bight from 1995 to 2010. *Arquivos de Zoologia*, v. 45, n. esp, p. 73, 2014.

ROSSI-WONGTSCHOWSKI, C.L.B. Morfologia de otólitos. In: VOLPEDO, A.V.; VAZ-DOS-SANTOS, A. M. (Ed.). *Métodos de estudos com otólitos: principios y aplicaciones/ Métodos de estudos com otólitos: princípios e aplicações*. 1 ed. ed. Ciudad Autónoma de Buenos Aires: [s.n.]. p. 237–267, 2015.

ROSSI-WONGTSCHOWSKI et al. Sistema nectônico: Ictiofauna. In Amaral, A.C.; Turra, A.; Ciotti, A.M.; Wongtschowski, C.L.R.; Novelli, Y.S. *Métodos de estudo em*

ecossistemas costeiros. Campinas, São Paulo, Brasil: BIBLIOTECA/UNICAMP, ed.1, p.66-94, 2018.

RONDON, A. DA S., VAZ-DOS-SANTOS, A. M., & ROSSI-WONGTSCHOWSKI, C. L. D. B. Morfologia e biometria dos otólitos de *Beryx splendens* e *Hoplostethus occidentalis* (BERYCIFORMES) no atlântico sudoeste. Boletim Do Instituto de Pesca, n.2, v.40, p.195–206, 2014.

SANTANA, F., et al. Otolith micro- and macrostructure analysis to improve accuracy of growth parameter estimation for white mullet *Mugil curema*. Aquatic Biology, v. 7, p. 199–206. 2009. Disponível em: <<https://doi.org/10.3354/ab00189>>.

SABORIDO-REY, F.; KJESBU, O. S. Growth and maturation dynamics. p. 1–26, 2005. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/10261/47150>>.

SALGADO, L. D., et al. Integrated assessment of sediment contaminant levels and biological responses in sentinel fish species *Atherinella brasiliensis* from a sub-tropical estuary in south Atlantic. Chemosphere, n. 219, p.15-27, 2009.

SILVA, L.S.; MIRANDA, L.B. & CASTRO, B.M.. Relatório do projeto “Oceanografia da Plataforma Interna de São Sebastião” (OPISS) Subprograma Oceanografia Física. Relatórios Técnicos do Instituto Oceanográfico. n. 47, p. 1-31, 2001.

SILVA, J.F. et al. Purification and partial characterisation of a trypsin from the processing waste of the silver mojarra (*Diapterus rhombeus*). Food chemistry. v. 129, n.3, p. 777-782, 2011.

SILVA, J. P. DO C. et al. Parâmetros de crescimento e mortalidade de *Eucinostomus argenteus* (Baird & Girard, 1854) capturados no manguezal de Guaratiba, Baía de Sepetiba, RJ. Boletim do Instituto de Pesca, v. 40, n. 4, p. 657–667, 2014.

STEVENSON, D. K.; CAMPANA, S. E. Otolith microstructure examination and analysis. Canadian Special Publication of Fisheries and Aquatic Sciences. Departamento Fisheries and oceans. V.117, p.126, 1992.

TOMAS, et al. *Diapterus rhombeus*(Cuvier 1829) at a subtropical coastal tidal flat, the Araçá bay. In AZ-DOS-SANTOS, A. M; ROSSI-WONGTSCHOWSKI, C.L.B. Growth in fisheries Resources from the South western Atlantic. Instituto Oceanografico. p. 193, 2019.

TUSET, V.M, et al. Otolith atlas for the western Mediterranean, north and central Eastern Atlantic. Scientia Marina. Barcelona (Spain). p. 7-198, 2008.

TUSET, V.M, et al. Morfologia comparativa do otólito *sagittae* em *Serranus* spp. J. Fish.Biol.v. 63 : p.1491-1504, 2003.

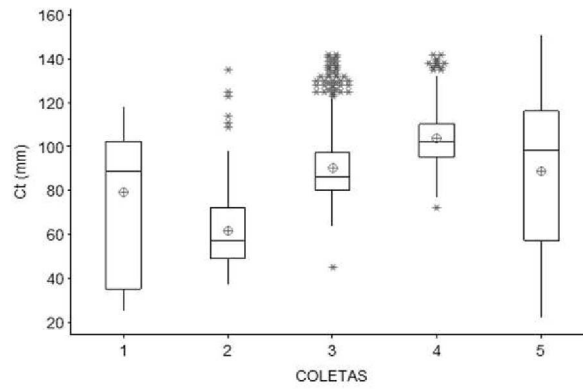
VAZ-DOS-SANTOS, A. M. Otolitos em estudos de edad y crecimiento em peces. In VOLPEDO, A. V.; VAZ-DOS-SANTOS, A. M. Métodos de estudos com otolitos: princípios y aplicaciones. 1ed. Edición bilingüe – Ciudad Autónoma de Buenos Aires,. CAFP-BA-PIESCI. ISBN 978-987-33-8884-2,2015

- VAZ-DOS-SANTOS, A. M; ROSSI-WONGTSCHOWSKI, C.L.B. *Atherinella brasiliensis* (Quoy & Gaimard 1825) at Itamambuca, a coastal Ecosystem of the São Paulo state. In AZ-DOS-SANTOS, A. M; ROSSI-WONGTSCHOWSKI, C.L.B. Growth in fisheries Resources from the Southwestern Atlantic. Instituto Oceanográfico. p. 121. 2019. (a)
- VAZ-DOS-SANTOS, A. M; ROSSI-WONGTSCHOWSKI, C.L.B. *Diapterus rhombeus* (Cuvier 1829) at a subtropical coastal tidal flat, the Araçá bay. In AZ-DOS-SANTOS, A. M; ROSSI-WONGTSCHOWSKI, C.L.B. Growth in fisheries Resources from the South western Atlantic. Instituto Oceanográfico. p. 190. 2019. (b)
- VAZ-DOS-SANTOS, A. M; ROSSI-WONGTSCHOWSKI, C.L.B. *Eucinostomus argenteus* Baird & Girard 1855 at a subtropical coastal tidal flat, the Araçá bay. In AZ-DOS-SANTOS, A. M; ROSSI-WONGTSCHOWSKI, C.L.B. Growth in fisheries Resources from the South western Atlantic. Instituto Oceanográfico. p. 196. 2019. (c)
- VAZ DOS SANTOS, A; SILVEIRA, E.L. Idade e crescimento de peixes de riacho: métodos e desafios para a obtenção de estimativas robustas. O ecologia Australis. v.25, n.2, p. 344–366, 2021.
- VIGLIOLA L, et al Comparison of techniques of back-calculation of growth and settlement marks from the otoliths of three species of *Diplodus* from the Mediterranean Sea. Can J Fish Aquat Sci. v. 57, p. 1292–1299, 2000.
- VIGLIOLA, L.; MEEKAN, M.G. The back-calculation of fish growth from otoliths. In: Green, B.S.; Mapstone, B.D.; Carlos, G.; Begg, G.A. Tropical fish otoliths: information for assessment, management and ecology. Dordrecht: Springer. p.174-211, 2009.
- VOLPEDO, A. V., & ECHEVERRÍA, D. D. Morfología y morfometría de las sagittae de sciaenidos marinos del norte de Perú. Boletín de la Sociedad de biología de Concepción. n. 72, p. 147–154, 2001.
- VOLPEDO, A. V.; VAZ-DOS-SANTOS, A. M. Métodos de estudios con otolitos: principios y aplicaciones/ Métodos de estudos com otólitos: princípios e aplicações. 1 ed. ed. Ciudad Autónoma de Buenos Aires, 2015.
- XAVIER, L. Y.; STORI, F. T.; TURRA, A. Desvendando os oceanos: Um olhar sobre a Baía do Araçá. p. 62, 2016.
- WRIGHT, P.J.; PANFILI, J.; MORALES-NIN, B.; GEFFEN, A. Otolith. In: Panfili, P.; De Pontual, H.; Troadec, H. T.; Wright, P.J. Manual of Fish Sclerochronology. Brest, France: Ifremer-IRD coedition. p.31-57, 2002.
- WOOTTON, R.J. Fish ecology. Blackie- USA: Chapman & hall, cap.5, p.98, 1991.
- ZAR, J. H. Bioetastistical analysis. 5. ed. New Jersey: Pearson Custom Library. 2014.

ANEXO –MATERIAL SUPLEMENTAR

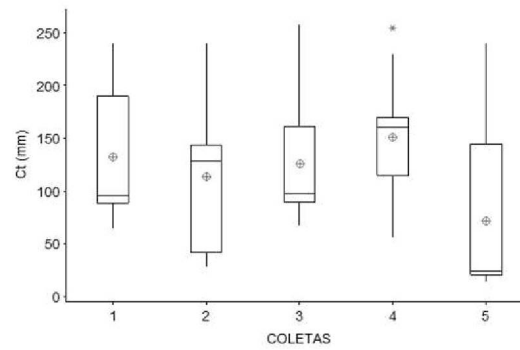
ANEXO 1- BLOXPLOT DA ESTRUTURA AMOSTRAL

Atherinella brasiliensis



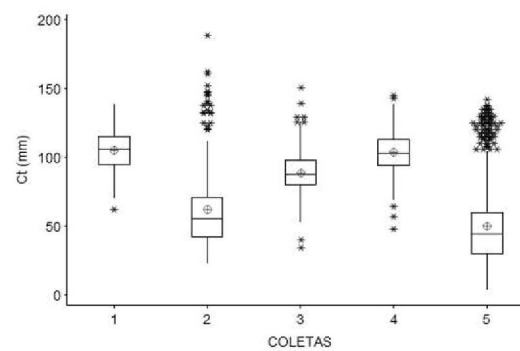
(A)

Diapterus rhombeus



(B)

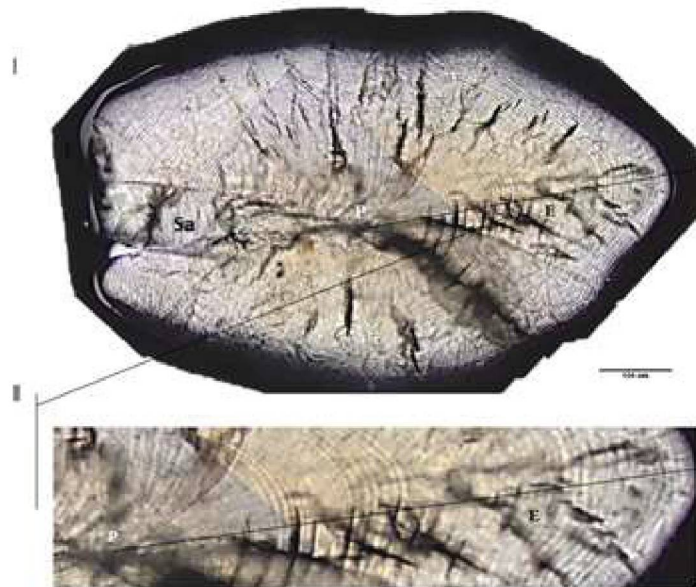
Eucinostomus argenteus



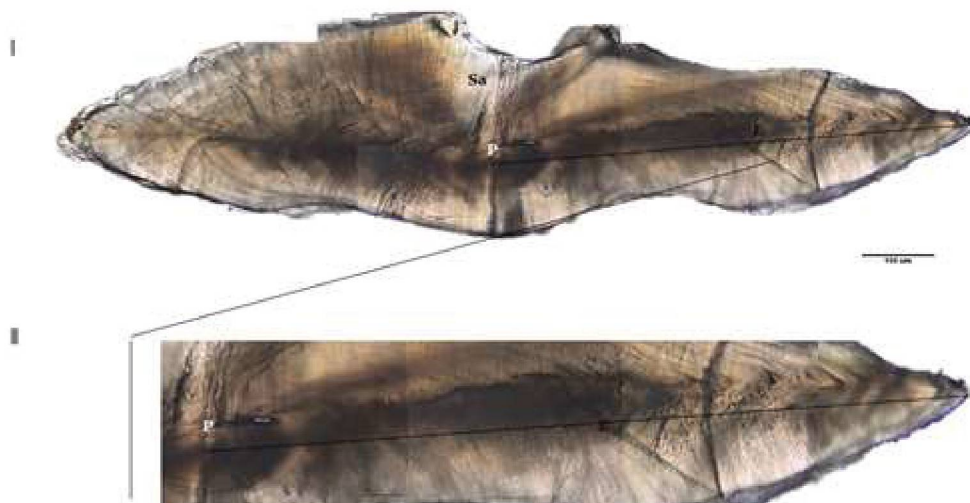
(C)

ANEXO 2 - FOTOS DOS OTOLITOS PROCESSADOS, COM A DETERMINAÇÃO DO EIXO DE LEITURA.

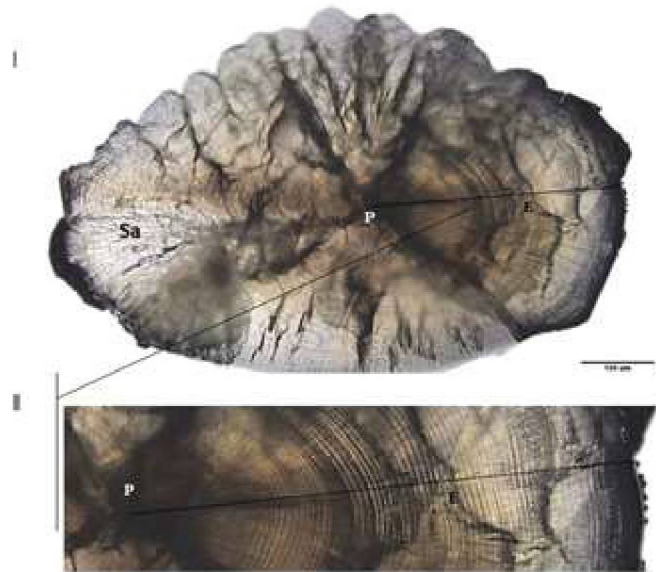
Atherinella brasiliensis: Legenda: P = primórdio, E = Eixo de Leitura, e Sa = Região do Sulco Acústico. I = foto otólito e II = Aproximação para verificação de anéis diários



Diapterus rhombeus: Legenda: P = primórdio, E = Eixo de Leitura, e Sa = Região do Sulco Acústico. I = foto otólito em corte Transversal e II = Aproximação para verificação de anéis diários.



Eucinostomos argenteus: Legenda: P = primórdio, E = Eixo de Leitura, e Sa = Região do Sulco Acústico. I = foto otólito e II = Aproximação para verificação de anéis diários.



ANEXO 3 – DETECÇÃO DE DIFERENÇAS DUAS A DUAS NA SEQUÊNCIA DE CLASSES -TESTE MANN-WHITNEY.

Atherinella brasiliensis

Co vs. Ct

Classes (Ct,mm)	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140
30												
40	0,72530											
50	0,34010	0,27950										
60	0,93650	0,67730	0,11770									
70	0,13150	0,02747	0,19800	0,00668								
80	0,12110	0,00289	0,01870	0,00135	0,40150							
90	0,16250	0,03570	0,24390	0,01038	0,82530	0,21800						
100	0,32620	0,21650	0,94130	0,06949	0,16940	0,00730	0,16110					
110	0,31170	0,20380	0,80860	0,06042	0,14170	0,00637	0,22150	0,98640				
120	0,22960	0,03708	0,14850	0,02307	1,00000	0,24760	0,99280	0,18140	0,13460			
130	0,63810	0,88240	0,53730	0,56980	0,05143	0,00117	0,06283	0,37620	0,43480	0,04225		
140	0,54030	0,12560	0,13210	0,13140	0,20300	0,21540	0,27840	0,10390	0,11020	0,19990	0,11320	

Ao vs. Ct

Classes (Ct,mm)	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140
30												
40	0,94390											
50	0,93670	0,08051										
60	0,30100	0,00017	0,00109									
70	0,08628	0,00004	0,00010	0,14910								
80	0,07834	0,00000	0,00001	0,02692	0,10800							
90	0,06728	0,00000	0,00001	0,00384	0,01785	0,22400						
100	0,02275	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00170					
110	0,02622	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00005	0,07461				
120	0,02927	0,00000	0,00000	0,00001	0,00000	0,00000	0,00014	0,06019	0,93390			
130	0,06225	0,00016	0,00032	0,00098	0,00067	0,00028	0,00311	0,13630	0,66400	0,85860		
140	0,54030	0,12530	0,13210	0,13140	0,12860	0,10940	0,49700	0,89770	0,29650	0,30650	0,44700	

Diapterus rhombeus

Co vs. Ct

Classes (Ct,mm)	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170	180	190	200	210	220	230
70																	
80	0,94850																
90	0,14550	0,11200															
100	0,21070	0,13590	0,68750														
110	0,24090	0,23810	0,79500	0,94880													
120	0,34070	0,22120	0,81510	0,89350	0,83400												
130	0,05778	0,11320	0,44310	0,96160	0,82600	0,65920											
140	0,78970	0,63680	0,33790	0,32700	0,58150	0,50020	0,21310										
150	0,15710	0,36860	0,00034	0,00676	0,02021	0,00472	0,00290	0,14440									
160	0,29740	0,36260	0,00103	0,00715	0,02069	0,02085	0,00327	0,12600	1,00000								
170	0,11100	0,10670	0,00018	0,00295	0,01038	0,01034	0,00264	0,03765	0,36910	0,16670							
180	0,34880	0,31930	0,85400	0,53070	0,48470	0,89570	0,56090	0,80280	0,05568	0,07195	0,01983						
190	0,04772	0,04937	0,31520	0,89970	0,88960	0,45850	0,97270	0,19760	0,00088	0,00182	0,00097	0,60010					
200	0,67900	0,34970	0,61750	0,67470	0,82020	0,64920	0,53480	0,72390	0,06746	0,05726	0,01608	0,67760	0,58330				
210	0,69940	0,88330	0,02619	0,03592	0,11320	0,05074	0,04045	0,40910	0,58600	0,34020	0,05656	0,32860	0,03711	0,16550			
220	0,51390	0,60140	0,96560	0,90620	0,84650	0,84510	0,59930	0,51850	0,06057	0,10600	0,07453	0,94050	0,57840	0,61980	0,23430		
230	0,01890	0,04379	0,04112	0,30830	0,29380	0,13370	0,18360	0,10830	0,01036	0,00858	0,01058	0,10920	0,11530	0,43420	0,03603	0,14890	

Ao vs. Ct

Classes (Ct,mm)	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170	180	190	200	210	220	230
70																	
80	0,16480																
90	0,07900	0,01822															
100	0,11190	0,45210	0,00646														
110	0,16490	0,48420	0,01942	1,00000													
120	0,27250	0,78500	0,06996	0,44280	0,52380												
130	0,34420	0,94890	0,31620	0,36010	0,51010	0,94840											
140	0,19000	0,91100	0,00080	0,36070	0,57960	0,90060	0,68890										
150	0,11900	0,78190	0,01648	0,76390	0,90060	0,90000	0,91090	0,47990									
160	0,06347	0,37900	0,00167	1,00000	1,00000	0,39620	0,28080	0,38710	0,96390								
170	0,15760	0,98160	0,01406	0,86360	0,48910	0,72540	1,00000	0,91420	0,77750	0,61960							
180	0,07470	0,04634	0,73070	0,03412	0,05473	0,29680	0,49780	0,10140	0,05279	0,00757	0,03013						
190	0,41340	0,32680	0,36080	0,08268	0,11900	0,28910	0,68470	0,38440	0,16880	0,04609	0,22380	0,52640					
200	0,96700	0,00940	0,30010	0,00777	0,01262	0,09705	0,38530	0,02391	0,00906	0,00171	0,00701	0,75620	0,20680				
210	0,27970	0,50540	0,20080	0,16040	0,17010	0,74230	0,98920	0,48710	0,44810	0,13090	0,44670	0,25520	0,80860	0,28916			
220	0,51390	1,00000	0,30130	0,30090	0,34660	0,66760	0,69630	0,62810	0,39290	0,83080	0,79660	0,20480	0,47490	0,16590	0,58310		
230	0,60980	0,00906	0,07006	0,01966	0,03699	0,04903	0,21940	0,01369	0,01053	0,00852	0,01047	0,02492	0,01961	0,01263	0,00619	0,14890	

Eucinostomus argenteus

Co vs. Ct

Classes (Ct, mm)	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130
20												
30	0,02083											
40	0,06607	0,93360										
50	0,06208	0,41570	0,58850									
60	0,01808	0,46140	0,62880	0,94930								
70	0,00070	0,61660	0,63970	0,14180	0,06532							
80	0,00522	0,58690	0,48670	0,64810	0,75590	0,00498						
90	0,01234	0,46240	0,53060	0,99480	0,92240	0,02318	0,79660					
100	0,00110	0,89550	0,85400	0,87880	0,63650	0,05580	0,20700	0,44740				
110	0,02324	0,43760	0,51630	0,61320	0,54000	0,01048	0,73230	0,63260	0,17950			
120	0,03195	0,45030	0,32760	0,46350	0,41250	0,00516	0,34980	0,30440	0,05511	0,51840		
130	0,41720	0,05575	0,17860	0,35710	0,07740	0,00238	0,06762	0,07314	0,02139	0,25960	0,24860	

Ao vs. Ct

Classes (Ct, mm)	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130
20												
30	0,15110											
40	0,29220	0,73740										
50	0,73050	0,34160	0,57390									
60	0,18460	0,78770	0,45140	0,25950								
70	0,03214	0,38380	0,21870	0,07545	0,94810							
80	0,28580	0,63560	0,49680	0,54760	0,17090	0,00255						
90	0,43600	0,22240	0,27850	0,95990	0,08606	0,00060	0,38720					
100	0,40410	0,41770	0,39360	0,79510	0,13780	0,00239	0,73440	0,72520				
110	0,91990	0,09722	0,23110	0,71000	0,05457	0,00214	0,22760	0,39610	0,30470			
120	0,60550	0,02027	0,03799	0,34270	0,01406	0,00027	0,00724	0,06051	0,03464	0,37140		
130	0,23470	0,00945	0,02697	0,12940	0,01263	0,00028	0,01102	0,02237	0,02333	0,10770	0,34720	